

**Evaluación de la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte  
Colombiano**

**Stefanny Paola Zamora Martínez**

**Karenth Yuliana Delgado Muñoz**



**Corporación Universidad de la Costa - CUC**

**Departamento de Civil y Ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla, Atlántico**

**2019**

**Evaluación de la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte  
Colombiano**

**Stefanny Paola Zamora Martínez**

**Karenth Yuliana Delgado Muñoz**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Director:**

**Rubén Darío Cantero Rodelo**

**Magister en Ciencias Ambientales**

**Codirector:**

**Erika Alejandra Suárez Agudelo**

**Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Corporación Universidad de la Costa - CUC**

**Departamento de Civil y Ambiental**

**Programa de Ingeniería Ambiental**

**Barranquilla, Atlántico**

**2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

### **Dedicatoria**

**A Dios**, por sus bendiciones a lo largo de la vida, por enseñarme a luchar diariamente para lograr cumplir las metas y objetivos de mi vida junto a él, porque con él todo es posible en la vida.

**A mis padres, Rosa Muñoz Muñoz y Luis Arturo Delgado Rangel, y a mi hermana, Isabella Delgado Muñoz**, por estar siempre presente y luchar diariamente para ayudarme durante mi proceso de formación.

Este es un momento muy especial que espero permanezca en el tiempo, de igual forma me encuentro agradecida con nuestros tutores, quienes dedicaron tiempo de trabajo en la revisión de este proyecto de investigación.

***Karenth Yuliana Delgado Muñoz.***

### **Dedicatoria**

**A Dios**, por la vida, por su amor infinito, por acompañarme y bendecirme en todos los momentos de mi vida, por llenarme de fortaleza y sabiduría para seguir adelante y culminar este nuevo logro en mi vida, porque para él nada es imposible.

**A mis padres, Edgardo Zamora Villanueva y Diana Martínez Pérez**, por ser mi inspiración, guiarme y brindarme todo su apoyo, por todo el sacrificio que han hecho por ayudarme a ser de mí la persona que hoy soy, los amo.

**A mis hermanas, Liz Zamora Martínez y Valery Zamora Martínez**, por su apoyo y por ser mis compañeras en cada momento de mi vida.

**A mi abuela, Nelly Villanueva de la Rosa**, por ser mi apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, por cada consejo que me ha brindado con todo su amor para dar; y a todos lo que hicieron de alguna manera esto posible.

**Gracias.**

*Stefanny Paola Zamora Martínez.*

### **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por guiarnos para culminar el presente proyecto de investigación y a nuestros familiares por su apoyo incondicional. A nuestros tutores por brindarnos los conocimientos que nos permitieron efectuar un trabajo adecuado durante todo el proceso y a los compañeros que participaron en la obtención de resultados indispensables para la evaluación tratada. Agradecemos también a la Universidad de la Costa por ofrecernos los espacios y los medios necesarios para nuestro desarrollo como profesionales.

***Karenth Yuliana Delgado Muñoz y Stefanny Paola Zamora Martínez.***

### Resumen

En la presente investigación se evaluó la calidad sanitaria del agua de diecinueve (19) playas del Caribe Norte Colombiano, para ello se determinó la presencia de los parámetros microbiológicos Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Enterococos y Hongos, utilizando las técnicas de filtración por membrana y cultivo de siembra conforme a lo establecido en las guías y estándares nacionales e internacionales. De igual forma, se determinó el tipo de contaminación por medio de la relación entre *Escherichia Coli*/Enterococos, identificando que esta se debe a fuentes animales y humanas por vertimientos de aguas residuales y disposición inadecuada de residuos sólidos. Las playas más afectadas por las altas concentraciones de microorganismos son las ubicadas en Crespo (mayor a 100 UFC/100 mL de Enterococos), Punta Arena A (mayor a 100 UFC/100 mL de Enterococos) y Riohacha (mayor a 250 UFC/100 mL de Coliformes Fecales). Teniendo en cuenta la georreferenciación de los puntos muestreados, se evidencia que la calidad es buena para la mayoría de las playas con el indicador de Coliformes Fecales, la calidad sanitaria es regular en las playas del departamento del Magdalena con relación al indicador de Enterococos y la presencia de Hongos se identificó principalmente en los departamentos del Atlántico y Bolívar. Por lo anterior, se concluye que es necesario implementar controles sobre los posibles focos de contaminación que influyen en la reducción de la calidad de las playas del Caribe Norte Colombiano y que pueden ocasionar enfermedades a los turistas.

***Palabras clave:*** calidad sanitaria, coliformes, enterococos, hongos, playas turísticas

### **Abstract**

In the present investigation the sanitary quality of 19 beaches of the Colombian North Caribbean was evaluated, for this the presence of the microbiological parameters Fecal Coliforms, Total Coliforms, Enterococcus and Fungi were determined, using the techniques of membrane filtration and pour plate according to the established in the national and international guides and standards. In the same way, the type of contamination was determined through the relation between Escherichia Coli/Enterococcus, identifying that it is through animal and human sources for the wastewater discharges and inadequate disposal of solids wastes. The most affected beaches by the high concentrations of microorganisms were Crespo (greater than 100 UFC/100 mL of Enterococcus), Punta Arena A (greater than 100 UFC/100 mL of Enterococcus) and Riohacha (greater than 250 UFC/100 mL of Fecal Coliforms). Taking into account the georeferencing of the sampled points, it is evident that the quality is good for most of the beaches with the Fecal Coliforms indicator, the sanitary quality is regular on the beaches of the Magdalena department in relation to the Enterococcus indicator and the presence of fungi was mainly identified in the departments of Atlántico and Bolívar. Therefore, it is necessary to implement controls on the possible sources of pollution that influence the reduction of the quality of the clowns of the Colombian North Caribbean and that can cause diseases to tourists.

**Key words:** sanitary quality, coliforms, enterococcus, fungi, tourist beaches



## Contenido

Lista de tablas y figuras .....	14
Introducción .....	17
1. Descripción del problema.....	19
2. Justificación .....	21
3. Objetivos.....	23
3.1 General .....	23
3.2 Específicos .....	23
4. Marco de referencia .....	24
4.1 Antecedentes .....	24
4.2 Marco legal.....	29
4.3 Marco conceptual .....	32
4.3.1 Aguas costeras. ....	32
4.3.2 Zonas costeras.....	33
4.3.3 Clasificación de las Costas.....	34
4.3.3.1 Costas de emersión.....	34
4.3.3.2 Costas de inmersión. ....	34
4.3.4 Playas. ....	35
4.3.5 Usos del agua en las zonas costeras.....	35
4.3.5.1 Contacto primario.....	36
4.3.5.2 Contacto secundario. ....	36
4.3.6 Turismo. ....	36
4.3.6.1 Capacidad de carga turística.....	37

4.3.7	Coliformes.....	37
4.3.7.1	Coliformes fecales o termotolerantes.....	37
4.3.7.2	Coliformes totales. ....	38
4.3.8	Enterococos.....	38
4.3.9	Hongos.....	39
4.3.9.1	Aspergillus. ....	39
4.3.9.2	Cándida.....	39
4.3.9.3	Penicillium. ....	39
4.4	Marco Teórico .....	40
5.	Diseño metodológico .....	42
5.1	Área de estudio.....	42
5.2	Localización de los puntos de muestreo.....	42
5.3	Tipo de investigación .....	43
5.4	Fases de la investigación .....	44
5.4.1	Fase 1: Investigación bibliográfica. ....	44
5.4.2	Fase 2: Muestreo de las playas y evaluación de parámetros microbiológicos.....	45
5.4.2.1	Toma de muestras en campo. ....	45
5.4.2.2	Análisis de los parámetros microbiológicos en el laboratorio. ....	46
5.4.2.3	Identificación del tipo de contaminación fecal por playa. ....	52
5.4.3	Fase 3: Georreferenciación de los puntos de muestreo conforme a su calidad sanitaria.52	
6.	Resultados y análisis.....	54
6.1	Playas del departamento del Atlántico .....	54

6.1.1	Puerto Colombia. ....	54
6.1.1.1	Características generales de la zona. ....	54
6.1.1.2	Características ambientales de la playa. ....	55
6.1.2	Santa Verónica. ....	58
6.1.2.1	Características generales de la zona. ....	58
6.1.2.2	Características ambientales de la playa. ....	59
6.2	Playas del departamento de Bolívar. ....	61
6.2.1	Arroyo de Piedra. ....	61
6.2.1.1	Características generales de la zona. ....	61
6.2.1.2	Características ambientales de la playa. ....	62
6.2.2	Bocagrande. ....	63
6.2.2.1	Características generales de la zona. ....	64
6.2.2.2	Características ambientales de la playa. ....	64
6.2.3	Crespo. ....	65
6.2.3.1	Características generales de la zona. ....	66
6.2.3.2	Características ambientales de la playa. ....	66
6.2.4	Galerazamba. ....	68
6.2.4.1	Características generales de la zona. ....	69
6.2.4.2	Características ambientales de la playa. ....	69
6.2.5	La Boquilla. ....	71
6.2.5.1	Características generales de la zona. ....	71
6.2.5.2	Características ambientales de la playa. ....	72
6.2.6	Manzanillo. ....	73

6.2.6.1	Características generales de la zona.....	74
6.2.6.2	Características ambientales de la playa.....	74
6.2.7	Punta Arena.....	76
6.2.7.1	Características generales de la zona.....	76
6.2.7.2	Características ambientales de la playa.....	77
6.3	Playas del departamento de La Guajira.....	79
6.3.1	Camarones.....	79
6.3.1.1	Características generales de la zona.....	79
6.3.1.2	Características ambientales de la playa.....	80
6.3.2	Dibulla.....	81
6.3.2.1	Características generales de la zona.....	82
6.3.2.2	Características ambientales de la playa.....	82
6.3.3	Palomino. ....	84
6.3.3.1	Características generales de la zona.....	84
6.3.3.2	Características ambientales de la playa.....	85
6.3.4	Riohacha. ....	86
6.3.4.1	Características generales de la zona.....	87
6.3.4.2	Características ambientales de la playa.....	87
6.4	Playas del departamento de Magdalena .....	89
6.4.1	Buritaca. ....	89
6.4.1.1	Características generales de la zona.....	90
6.4.1.2	Características ambientales de la playa.....	90
6.4.2	Ciénaga. ....	92

6.4.2.1 Características generales de la zona.....	93
6.4.2.2 Características ambientales de la playa.....	93
6.4.3 Los Cocos.....	95
6.4.3.1 Características generales de la zona.....	95
6.4.3.2 Características ambientales de la playa.....	96
6.4.4 Playa de Santa Marta. ....	98
6.4.4.2 Características ambientales de la playa.....	98
6.4.5 Pozos Colorados.....	99
6.4.5.1 Características generales de la zona.....	100
6.4.5.2 Características ambientales de la playa.....	100
6.4.6 Taganga.....	102
6.4.6.1 Características generales de la zona.....	102
6.4.6.2 Características ambientales de la playa.....	103
6.5 Consolidado de los resultados obtenidos .....	104
7. Conclusiones.....	107
8. Recomendaciones .....	109
9. Referencias .....	110
Anexos .....	130

## Lista de tablas y figuras

### Tablas

Tabla 1. Trayectoria de investigaciones del INVEMAR .....	28
Tabla 2. Normativa nacional sobre la calidad de las playas .....	29
Tabla 3. Normativa internacional sobre la calidad de las playas .....	31
Tabla 4. Localización geográfica de los puntos de muestreo en las playas evaluadas .....	43
Tabla 5. Métodos implementados para evaluar los parámetros microbiológicos .....	46
Tabla 6. Descripción morfológica de los hongos <i>Cándida</i> , <i>Aspergillus</i> y <i>Penicillium</i> .....	49
Tabla 7. Valores límites establecidos en la normativa internacional vigente sobre los parámetros microbiológicos Coliformes Fecales y Enterococos .....	51
Tabla 8. Relación entre <i>Escherichia Coli</i> y Enterococos para identificar el origen de la contaminación fecal .....	52
Tabla 9. Criterios de calidad sanitaria establecidos para evaluar las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano.....	53
Tabla 10. Tipo de contaminación conforme a la relación <i>Escherichia Coli</i> /Enterococos en las playas evaluadas.....	105
Tabla 11. Resultados obtenidos durante los análisis realizados y comparación con la normativa internacional vigente .....	130

### Figuras

Figura 1. Partes que conforman la zona litoral .....	34
Figura 2. Distribución de los departamentos que conforman el Caribe Norte Colombiano .....	42
Figura 3. Esquema metodológico de la investigación .....	44

Figura 4. Área de estudio en la playa de Puerto Colombia, Atlántico.....	54
Figura 5. Área de estudio en la playa de Santa Verónica, Atlántico .....	58
Figura 6. Área de estudio en la playa de Arroyo de Piedra, Bolívar .....	61
Figura 7. Área de estudio en la playa de Bocagrande, Bolívar.....	64
Figura 8. Área de estudio en la playa de Crespo, Bolívar.....	66
Figura 9. Área de estudio en la playa de Galerazamba, Bolívar.....	69
Figura 10. Área de estudio en la playa de La Boquilla, Bolívar .....	71
Figura 11. Área de estudio en la playa de Manzanillo, Bolívar.....	74
Figura 12. Área de estudio en la playa de Punta Arena, Bolívar .....	76
Figura 13. Área de estudio en la playa de Camarones, La Guajira.....	79
Figura 14. Área de estudio en la playa de Dibulla, La Guajira.....	81
Figura 15. Área de estudio en la playa de Palomino, La Guajira .....	84
Figura 16. Área de estudio en la playa de Riohacha, La Guajira.....	87
Figura 17. Área de estudio en la playa de Buritaca, Magdalena.....	90
Figura 18. Área de estudio en la playa de Ciénaga, Magdalena .....	93
Figura 19. Área de estudio en la playa de Los Cocos y la Playa de Santa Marta, Magdalena .....	95
Figura 20. Peso de los tipos de basura marina registrada en las playas de Santa Marta, en las temporadas baja y alta de turismo.....	97
Figura 21. Área de estudio en la playa de Pozos Colorados, Magdalena .....	100
Figura 22. Área de estudio en la playa de Taganga, Magdalena .....	102
Figura 23. Mapa sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, utilizando como indicador la presencia de Hongos.....	132

Figura 24. Mapa sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte

Colombiano, utilizando como indicador la presencia de Coliformes Fecales ..... 133

Figura 25. Mapa sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte

Colombiano, utilizando como indicador la presencia de Enterococos ..... 134



## **Introducción**

Las playas se han constituido como un ecosistema de gran importancia turística a nivel internacional durante los últimos años, esto se debe en gran manera al atractivo natural que ofrecen los paisajes y a la amplia posibilidad de actividades recreativas que pueden ser realizadas, lo cual promueve el desarrollo regional ante los beneficios económicos y sociales asociados al incremento en el interés del público por dichos lugares (López, 2016; Márquez, Mondragón y Tovar, 2017). En Colombia se ha reportado mediante datos oficiales que el 68% de los extranjeros que ingresan al país visitan las diferentes playas turísticas, lo cual demanda el ordenamiento adecuado de estos recursos costeros, garantizar la calidad de las aguas superficiales y ofrecer una mayor gama de servicios para los diferentes usuarios (Gallardo, 2013).

Para el caso particular de las playas que conforman el Caribe Norte Colombiano, se ha experimentado un uso desmedido ligado a la utilidad obtenida por las actividades desarrolladas, la falta de una adecuada planificación ha conllevado a la degradación de los recursos naturales que son indispensables para mantener el equilibrio ambiental y conservar dichos espacios que benefician a las poblaciones aledañas (Díaz y Yonoff, 2018). Esta situación crítica para las playas urbanas del Caribe ha dado pie a la formulación de propuestas que permitan implementar el turismo sostenible, de forma que se ejerza un control oportuno sobre los focos de contaminación que disminuyen de forma acelerada la calidad de las playas, entre los que se destacan la generación de residuos sólidos y los vertimientos directos de aguas residuales que afectan la vida acuática (Botero, 2014; Guerra y Mancera, 2015).

La problemática relacionada con las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano ha ocasionado un interés por parte de los entes gubernamentales en la búsqueda de sistemas de

ordenamiento como estrategias para lograr el desarrollo sostenible, así mismo, se ha incrementado la realización de estudios y monitoreos en las zonas costeras para evaluar la calidad ambiental del agua, analizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Acevedo, 2017; Díaz y Yonoff, 2018). Con respecto al estudio de la calidad del agua de mar, es un aspecto que ha adquirido relevancia para la obtención de resultados que certifiquen la seguridad de los bañistas en las playas e incrementen la competitividad en materia de recreación, identificando por medio de estos métodos las principales fuentes de afectación del agua y la oportunidad de establecer soluciones de mejora (García, 2017; Márquez et al., 2017).

Con relación a la situación descrita, se han instaurado diferentes normativas nacionales e internacionales que buscan regular la calidad del agua en las zonas costeras, lo que permite clasificarlas según sus características en aptas o no para el uso de contacto primario (MSCBS, 2017). Entre los parámetros que deben ser monitoreados se encuentran los Coliformes Fecales, Enterococos y Escherichia Coli, los cuales son indicadores de la contaminación por aguas residuales vertidas de los asentamientos cercanos a las playas, lo que corresponde a uno de los principales factores que deteriora la calidad del agua para su uso recreacional ante el riesgo de adquirir posibles enfermedades (ICONTEC, 2015; MSCBS, 2017).

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, en la presente investigación se busca evaluar la calidad sanitaria del agua de diecinueve (19) playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, tomando muestra durante la temporada seca para establecer la presencia de diferentes microorganismos, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Enterococos y hongos, mediante técnicas normalizadas y realizando la comparación de los resultados con los límites permisibles establecidos en la normativa vigente relacionada.

## **1. Descripción del problema**

Las playas corresponden a un ecosistema ubicado en las zonas costeras, sus características geomorfológicas se deben en gran manera al arrastre de sedimentos ocasionado por el agua, el oleaje, la marea y las corrientes impulsadas por el viento, estas cuentan a su vez con una serie de condiciones climáticas y naturales que las convierten en recursos de gran importancia para el desarrollo de la población (Covarrubias et al., 2007; Enríquez, 2003).

Las aguas marinas han recibido diferentes percepciones por parte de la sociedad durante los diferentes años, pasando de ser poco utilizadas y de tener propiedades medicinales, a ser un lugar de turismo para toda la población, de igual forma la gestión de las playas es un tema que ha recibido especial atención para mantener un equilibrio entre la naturaleza y las actividades antrópicas que se llevan a cabo en estas (Aragón et al., 2019). Sin embargo, se ha hecho evidente que el aumento del turismo en las playas y el incremento en la demanda de servicios en las zonas costeras ha incidido en la pérdida de calidad del agua por la intensidad de las actividades, afectando el bienestar humano (Contin, Greggio, Newton y Semeoshenkova, 2017).

En el caso de las zonas costeras colombianas que albergan al 10% de la población y permiten la frontera con nueve países, se identifica un potencial para el turismo relacionado con la riqueza natural de los paisajes y el crecimiento socioeconómico de las poblaciones (Arrieta, 2013). No obstante, durante los últimos años se ha aumentado la degradación física de las áreas costeras, en especial en el Caribe Norte Colombiano, por la inadecuada gestión de los residuos sólidos y los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento (Ramos, Saavedra, Vidal y Vilardy, 2008).

Los diagnósticos que han sido realizados por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para establecer las problemáticas asociadas a las playas del Caribe, han demostrado que las aguas

residuales reducen la calidad del agua para su uso en el contacto primario, así mismo, los fenómenos naturales y las actividades antrópicas disminuyen la línea costera, y existe una falta de ordenamiento de playas y de cooperación entre las instituciones encargadas de vigilar estas zonas (MinCIT, 2011). Por lo anterior, se hace indispensable mejorar la calidad de las playas para una experiencia satisfactoria de los turistas, al considerar que estas se han constituido como una forma de contribuir a la economía de los países (Contin et al., 2017).

Al conocer que las actividades humanas están ejerciendo una considerable presión sobre las playas, es necesario realizar el manejo de estas zonas costeras con el fin de evitar los posibles efectos adversos, tales como erosión, ser los depósitos de una gran cantidad de residuos sólidos, reducción de la calidad del agua para su uso, pérdida de hábitats de importancia ecológica y de los paisajes naturales, además de convertirse en un riesgo para la salud de la población (Contin et al., 2017).

Por consiguiente, para evaluar la calidad del agua se analizan las bacterias indicadoras fecales, Coliformes Fecales y Totales, *Escherichia Coli* y *Enterococos*, empleando para ello las guías y normas de calidad establecidas por las autoridades competentes (Boehm, Gold, Searcy y Taggart, 2018). Diferentes estudios realizados sobre la población expuesta a playas contaminadas con aguas residuales, que incidieron en la alta concentración de bacterias indicadoras fecales, y escorrentías provenientes de las localidades cercanas, tuvieron una relación directa con el riesgo de contraer enfermedades de diarrea, respiración y de la piel, y así mismo repercuten en los costos económicos de la comunidad (Boehm et al., 2018).

Conociendo la situación anteriormente planteada, se formula la siguiente pregunta ¿Cuál es la calidad microbiana del agua de mar de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano?

## 2. Justificación

El término calidad del agua abarca diferentes estándares que garantizan la viabilidad de su uso, lo cual se relaciona de forma directa con la actividad para la cual se encuentra destinada, ya sea de consumo humano, uso industrial, uso recreativo, para el riego, conservación de especies acuáticas, entre otras (IANAS, 2019). Para el caso de la presente investigación se hace referencia a la calidad del agua de baño de diferentes playas del Caribe Norte Colombiano, considerando que estas zonas costeras son muy importantes por lo que representan para la conservación del ambiente y el espacio con potencial de desarrollo económico; asimismo, es importante conocer la dinámica que existe entre los ecosistemas marinos y terrestres, junto con la relación entre el hombre y la naturaleza mediante el turismo, la recreación y la cultura (Mendoza, 2012).

La evaluación de la calidad de las playas como un recurso natural radica en su importancia para contribuir a las investigaciones científicas y al progreso político y social, del mismo modo, debe recibir un valor considerable al ser un medio de subsistencia para la vida animal acuática, terrestre y para la sociedad en general (Mendoza, 2012). A pesar de tener múltiples beneficios para el equilibrio natural, las zonas costeras están siendo amenazadas por las acciones humanas, perdiendo de esta forma su calidad ambiental y su potencial uso recreativo ante el exceso de residuos sólidos, foco de posibles enfermedades por los vertimientos de aguas residuales y la deficiencia de una vigilancia que garantice su protección (Guerra y Mancera, 2015; Mendoza, 2012).

Considerando la necesidad de incrementar el número de investigaciones sobre las zonas costeras, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (NVEMAR) ha realizado estudios sobre la calidad sanitaria de las playas en el Caribe y Pacífico Colombiano, sin embargo, actualmente los documentos relacionados con la evaluación de la

calidad ambiental en las playas turísticas nacionales son notablemente reducidos (Pereira, 2015). Lo anterior hace evidente el amplio campo de oportunidades que existe para los profesionales vinculados al área de las playas, interesados en contribuir al establecimiento de antecedentes que permitan tener las bases suficientes para ampliar el análisis sobre la calidad de los ecosistemas costeros turísticos, con el fin de ofrecer a los usuarios de estas zonas información confiable y periódica sobre las condiciones sanitarias (Pereira, 2015).

Ante la importancia de las zonas costeras para el desarrollo de la sociedad, por medio de la presente investigación se busca evaluar la calidad sanitaria microbiológica de diecinueve (19) playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, analizando la presencia de coliformes fecales y totales, enterococos y hongos, lo anterior con el propósito de contribuir a las futuras investigaciones, y como insumos para los administradores de costas en la toma de decisiones para la gestión de las playas turísticas.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 General**

Evaluar la calidad sanitaria microbiológica del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano.

#### **3.2 Específicos**

- ✓ Caracterizar mediante una revisión bibliográfica diecinueve (19) playas turísticas del Caribe Norte Colombiano.
- ✓ Determinar los parámetros microbiológicos y fungi del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano.
- ✓ Georreferenciar el área de estudio de las playas turísticas según su calidad sanitaria con la implementación del sistema geográfico ArcGIS.

#### 4. Marco de referencia

##### 4.1 Antecedentes

En el contexto internacional se han desarrollado diversas investigaciones con relación a la calidad sanitaria de las playas, al considerar el potencial económico que supone la industria del turismo y la importancia de proteger dichos recursos naturales para mantener el equilibrio ambiental (Newton y Semeoshenkova, 2015). Para el caso de las playas turísticas del Norte de Chile, los autores González y Holtmann (2017), indican que las actividades de recreación han modificado estas zonas ante el incremento de la infraestructura, lo que hace necesario evaluar el índice de calidad mediante el estudio de diferentes factores entre los que se encuentra el parámetro microbiológico, el cual debe estar en cumplimiento del estándar establecido a nivel nacional que permite un límite máximo de 1000 NMP/100 mL de Coliformes Fecales en aguas de uso recreativo.

En el artículo denominado “*Evaluation of environmental quality of sandy beaches in southeastern Brazil*”, expuesto por los autores Costa, Silva, Suciu, Tavares y Zalmon (2017), se menciona que los servicios ambientales que prestan los ecosistemas costeros han experimentado una deficiencia por el aumento de las fuentes de contaminación, destacando las construcciones, agricultura, urbanización en las cercanías de las playas, vertimientos de aguas residuales y la deposición de residuos sólidos. En la investigación descrita se analizaron los parámetros de Coliformes Fecales y Totales como indicadores de la calidad de las playas de Praia Grande y Grussaí en Brasil, obteniendo resultados inferiores a los niveles máximos permitidos en la legislación, 800 a 1000 NMP/100 mL, sin descartar el monitoreo constante de los cuerpos de agua ante posibles incrementos en las respectivas concentraciones (Costa et al., 2017).



Los autores Ariza, Hernández, Pérez y Peña (2018), implementaron un sistema de indicadores sobre la calidad en las playas de las Islas Canarias, contemplando la importancia de las actividades recreativas y los elementos involucrados, tales como la accesibilidad, calidad del agua y servicios ofrecidos, identificando que el bienestar ambiental de las zonas costeras se reduce ante la baja calidad microbiológica en las aguas que serán utilizadas para el contacto primario. Las fuentes que influyen en las altas concentraciones de bacterias fecales, como los Coliformes y los Enterococos, se relacionan con las actividades humanas, la generación de residuos sólidos, la presencia de aves y de perros, por lo que se hace necesaria la implementación de acciones que permitan la gestión sostenible de las playas (Donahue et al., 2018).

Las diferentes investigaciones que han sido realizadas en las zonas costeras del Caribe Norte Colombiano por el INVEMAR han permitido identificar que estas áreas presentan una extensión de aproximadamente 1.650 km, constituidas por playas, manglares, desembocaduras de ríos y acantilados, de los cuales 729.66 km corresponden a 181 playas que han sido estudiadas por ser de vital importancia para la conservación de diversas especies de tortugas marinas, como la caguama y carey (INVEMAR 2002).

En Colombia, los espacios costeros corresponden a los lugares con mayor número de visitas en los últimos años y esto hace parte de la actividad turística que se ha constituido como la más frecuente a nivel mundial durante los últimos cincuenta (50) años, esta amplia afluencia de personas en las playas ha ocasionado el funcionamiento de actividades económicas que permitan garantizar una mejor estancia, entre las que se destacan restaurantes, presencia de hoteles y vendedores ambulantes, sin embargo, en muchos casos no se contempla la conservación de los recursos naturales presentes (Pereira, 2015).

Entre los lugares más visitados por los turistas durante todo el año en el Caribe, se encuentran las playas de Cartagena (Bolívar), como Arroyo de piedra, Bocagrande, Crespo, Galerazamba, La Boquilla, Marbella, Manzanillo y Punta Arena, principalmente durante eventos especiales y las épocas de vacaciones (MinCIT, 2012). Con respecto a la ciudad de Cartagena, esta se caracteriza por el desarrollo de actividades como la pesca artesanal, industrias encargadas de producir sustancias químicas, plásticos, cementeras, metalmecánicas y el servicio portuario de mayor importancia en el Caribe Colombiano (Cámara de Comercio de Cartagena, 2019).

Pese al valor que han adquirido las zonas costeras por sus múltiples beneficios, los estudios relacionados con la calidad ambiental de las playas son escasos y no se ha instaurado una normativa colombiana específica para estas zonas que establezca los parámetros que deben ser monitoreados de forma permanente, para obtener información confiable y poder identificar los rangos en los cuales se deba emitir una alerta ambiental y sanitaria para la seguridad de las personas que llegan a las playas (Pereira, 2015).

Actualmente, el avance más significativo corresponde a la propuesta del Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas (ICAPTU), el cual indica que deben medirse once (11) parámetros en cuatro (4) indicadores, agua litoral, arena, carga turística y control institucional, no obstante, este no logra abarcar un mayor número de mediciones para evaluar de forma acertada la calidad de las playas de forma estandarizada (Pereira, 2015).

Para realizar el monitoreo de las playas en el departamento de Bolívar, el INVEMAR y la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) tienen instaladas 32 estaciones de monitoreo desde el año 2001, distribuidas en la Costa Norte, Bahía Afuera, Bahía de Cartagena, Bahía de Barbacoas y la zona de Islas (islas de Barú y del Rosario), de las cuales

solo se cuenta con información de 14 estaciones (ubicadas en Bahía Afuera, Bahía de Cartagena y Costa Norte) durante el primer trimestre del 2018 (INVEMAR, 2019).

Las estaciones de las cinco (5) zonas mencionadas se distribuyen de la siguiente manera: para la Costa Norte cuatro (4) en el Faro 101 Galerazamba, frente isla Arena, Boca y Punta Canoa; para Bahía Afuera seis (6) en las playas turísticas de Bocagrande, Crespo, Manzanillo, Marbella y dos estaciones cercanas a la isla Tierrabomba; para la Bahía de Cartagena once (11) en el Canal del Dique y en la zona industrial de Mamonal; para Bahía de Barbacoas seis (6) de aguas estuarinas, fluviales y una (1) de sedimentos por los aportes que recibe el Canal del Dique; para la zona de Islas cinco (5) en las Islas del Rosario y una (1) en la isla Barú (INVEMAR, 2019).

De igual forma, el INVERMAR determinó la calidad de las aguas superficiales marinas y costeras en el departamento de Bolívar, teniendo como criterio los parámetros de microorganismos indicadores de contaminación fecal, metales pesados, nutrientes inorgánicos disueltos, pH, salinidad y sólidos suspendidos totales en todas las estaciones anteriormente descritas (INVEMAR, 2019).

Para el caso de la calidad del agua en las playas de Santa Marta (Magdalena), tales como Buritaca, Los Cocos, Pozos Colorados, Rio Santa Marta y Taganga, han sido identificadas diferentes fuentes de contaminación entre las que se encuentran actividades portuarias y obras civiles ubicadas en la línea de la Costa, ocasionando un impacto considerable sobre los ecosistemas (INVEMAR, 2019). Estas alteraciones han incidido en el aumento de las concentraciones de coliformes fecales y totales, afectando las actividades de contacto primario como la natación y el buceo, lo cual se debe principalmente a la cercanía de los cuerpos de agua con las zonas urbanas aledañas que descargan las aguas residuales en estos (Ramos et al., 2008).

El INVEMAR a lo largo de los años ha publicado una serie de informes sobre el estado de las playas turísticas colombianas, exponiendo el desarrollo de la información sobre las zonas costeras tal como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Trayectoria de investigaciones del INVEMAR*

Año	Descripción
2000	Se realiza investigación básica y aplicada de los recursos naturales renovables y del medio ambiente en los litorales y ecosistemas marinos y oceánicos de interés nacional con el fin de proporcionar el conocimiento científico necesario para la formulación de políticas, la toma de decisiones y la elaboración de planes y proyectos que conduzcan al desarrollo de éstas.
2001	Se realizó la exploración de la biodiversidad marina colombiana, con énfasis en la Costa Pacífica chocoana.
2002	Se evaluó la calidad de las aguas del Caribe y Pacífico colombiano determinando, por medio del procesamiento de información secundaria y la realización de un plan de monitoreo, la alta presencia de contaminantes químicos como plaguicidas organoclorados, hidrocarburos, aguas residuales, etc.  Se identificó que está problemática se relacionada con el aumento de las poblaciones que habitan las zonas costeras y, de igual forma, con el incremento de las actividades domésticas, agrícolas e industriales por el mal manejo e inadecuado control de los desechos sólidos y líquidos.  Adicionalmente, en este tiempo se carece de normativa general sobre calidad química y sanitaria de las aguas marinas, lo que limitaba la categorización de los ecosistemas.
2004	Se da inicio a las investigaciones de calidad microbiológica de las playas, resaltando el documento llamado “ <i>Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los</i>

*recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta”.*

2005	Se realizó un diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano con el propósito de determinar contaminantes físicos, químicos y microbiológicos, concluyéndose que las principales fuentes son las terrestres, como los ríos que recorren zonas industriales o de extracción minera y desagües de aguas residuales. Estas fuentes se concentran en ciudades portuarias como San Andrés, Riohacha, Santa Marta, Barranquilla, Cartagena, Coveñas, el Golfo de Urabá, Buenaventura y Tumaco.
2006	<p>Con los resultados de investigaciones anteriores se incrementan los análisis microbiológicos en las playas, debido a que son causantes de transmisiones masivas de infecciones a los bañistas y a los consumidores de mariscos crudos o insuficientemente cocidos. De esta manera se tomó como indicadores bacterianos de la contaminación fecal los coliformes o los enterococos (Decreto 1594 de 1984).</p> <p>En la investigación se descubrió que las mayores contribuciones de coliformes fecales son aportadas por los ríos Magdalena y Sinú, con aproximadamente el 96% del total de la descarga al Mar Caribe.</p>

*Nota:* Adaptado de “Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: año 2005”, por INVEMAR, 2006.

## 4.2 Marco legal

En el presente apartado se relaciona una tabla con el marco normativo colombiano sobre la regulación de la calidad ambiental de las playas.

**Tabla 2**

*Normativa nacional sobre la calidad de las playas*

Norma	Síntesis y/o Aplicabilidad
<sup>a</sup> Decreto-Ley No. 2811 de 1974	Parte IV, le asigna al Estado la obligación de proteger el ambiente marino, constituido por las aguas, el suelo, el subsuelo y el espacio aéreo del mar

---

	territorial y el de la zona económica, y por las playas y recursos naturales renovables de la zona.
	<b>Artículo 79.</b> Establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.
<sup>b</sup> Constitución Política de 1991	<b>Artículo 80.</b> Establece que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
	<b>Artículo 82.</b> Manifiesta que es deber del Estado velar por la protección e integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.
	<b>Artículo 16.</b> Se tendrán entidades científicas adscritas y vinculadas al Ministerio de Medio Ambiente como INVEMAR (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis”).
<sup>c</sup> Ley No. 99 de 1993	<b>Artículo 103.</b> La Armada Nacional tendrá como función el control y la vigilancia de los recursos naturales, en los mares y zonas costeras; por último, vigilancia, seguimiento y evaluación de la contaminación o impactos negativos al medio costero.
<sup>d</sup> Ley No. 300 de 1996	Por la cual se expide la Ley General de Turismo, crea herramientas institucionales para la promoción y del desarrollo regional del turismo, así como figuras de incentivo territorial como las zonas de desarrollo turístico prioritario y la declaratoria de recursos turísticos.
	Deroга el Decreto No. 1594 de 1984, salvo los artículos 20 y 21.
<sup>e</sup> Decreto No. 3930 de 2010	<b>Artículo 15.</b> Establece el uso recreativo cuando se genera contacto primario como natación, buceo y baños medicinales; contacto secundario, cuando se practican deportes náuticos y la pesca.
	<b>Artículo 24.</b> Se establecen las prohibiciones de vertimientos que no cumplan con criterio de calidad, en los cuerpos de agua o aguas costeras, con uso de recreativo y otros usos de contacto primario.

Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentado del Sector Ambiente.

**Artículo 2.2.3.3.9.7.** Se establecen criterios de calidad para uso recreativo de contacto primario (Decreto No. 1594 de 1984, art.42).

<sup>f</sup> Decreto No. 1076 de 2015

**Artículo 2.2.3.3.9.8.** Se establecen los criterios de calidad para uso recreativo de contacto secundario y se indica que se tendrán en cuenta los parámetros establecidos en el artículo anterior (Decreto No. 1594 de 1984, art. 43).

---

*Nota:* Adaptado de <sup>a</sup>“Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Decreto Ley No. 2811 de 1974”, por MinAmbiente, 2014; <sup>b</sup>“Constitución política de Colombia 1991”, por Corte Constitucional, 2016; <sup>c</sup>“Ley No. 99 de 1993”, por República de Colombia, 1993; <sup>d</sup>“Ley No. 300 de 1996”, por Congreso de la República, 1996; <sup>e</sup>“Decreto No. 3930 de 2010”, por MinAmbiente, 2010; <sup>f</sup>“Decreto No. 1076 de 2015”, por MinAmbiente, 2015.

De igual forma, es importante mencionar la normativa internacional que establece los lineamientos sobre la calidad de las playas destinadas para el uso público.

### Tabla 3

#### *Normativa internacional sobre la calidad de las playas*

Norma	Síntesis y/o Aplicabilidad
	Se aprueban normas para prevenir la contaminación ambiental.
<sup>a</sup> Decreto No. 253 de 1979 (Uruguay)	<b>Artículo 5°.</b> Se definen las características de los cuerpos de agua destinados para la recreación por contacto directo con el cuerpo humano, clase 2 b, con límites para Coliformes Fecales.
	Define los criterios para bañarse en aguas brasileñas.
<sup>b</sup> Resolución CONAMA No. 274 de 2000 (Brasil)	<b>Artículo 2°.</b> Se establecen los criterios para clasificar la calidad de las aguas de recreación para uso de contacto primario en propias (excelente, muy buena, satisfactoria) o impropias, conforme a la presencia de Coliformes Fecales y Enterococos.

	Por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional.
<sup>c</sup> Resolución No. 222 de 2002 (Paraguay)	<b>Artículo 6°.</b> Se describen los límites permisibles de Coliformes Fecales para establecer la condición de las aguas destinadas a usos de recreación de contacto primario: Excelente, Muy Buena, Satisfactoria, No Apta.
<sup>d</sup> EPA-823-R-03-008 (Estados Unidos)	Establece la norma de calidad bacteriológica del agua marina para uso recreacional. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) define los criterios de Enterococos presentes en aguas marinas para uso de contacto primario.
<sup>e</sup> Directiva 2006/7/CE de 2006 (Unión Europea)	Sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. <b>Artículo 4.</b> Se garantiza el control de la calidad del agua de baño mediante los parámetros dispuestos en el anexo I para aguas costeras, Enterococos.

---

*Nota:* Adaptado de <sup>a</sup> “Decreto No. 253 de 1979”, por MVOTMA, 1979; <sup>b</sup> “Resolución CONAMA No. 274 de 2000”, por CONAMA, 2000; <sup>c</sup> “Resolución No. 222 de 2002”, por SEAM, 2002; <sup>d</sup> “Bacterial water quality standards for recreational waters (freshwater and marine waters). Status report”, por EPA, 2003; <sup>e</sup> “Directiva 2006/7/CE de 2006”, por Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2006.

### 4.3 Marco conceptual

Teniendo en cuenta que la presente investigación aborda los temas referentes a la calidad ambiental de las playas turísticas de Colombia, se presentan los conceptos mencionados durante el desarrollo del documento.

#### 4.3.1 Aguas costeras.

Estas corresponden a las aguas superficiales que se conectan con tierra firme y alcanzan una distancia de una milla náutica en mar adentro cercana a la línea que permite establecer el alcance de las aguas territoriales, las cuales abarcan un espacio hasta el límite exterior de las aguas de

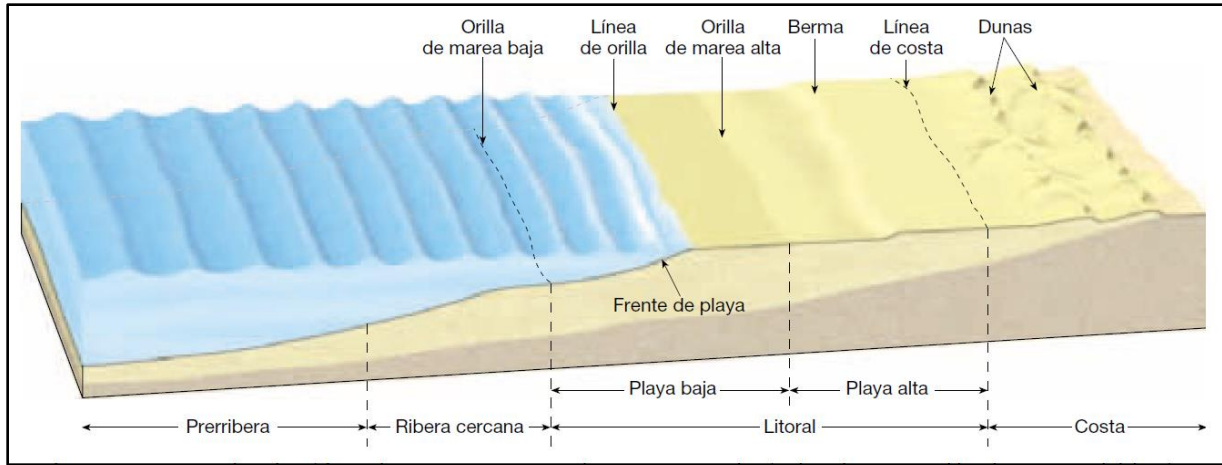


transición en las que se da la proximidad entre las aguas salinas y dulces (Real Decreto 817/2015, 2015, art. 3).

#### **4.3.2 Zonas costeras.**

Estas zonas corresponden a líneas litorales que presentan ambientes dinámicos de un lugar a otro debido a la variedad en su composición geológica, clima y topografía predominante, siendo conocidas como zonas de transición ante la relación existente entre los ambientes marino y continental por los depósitos de sedimentos (Lutgens y Tarbuck, 2005). Con respecto al litoral, este comprende un área que va desde el nivel de marea más bajo a la elevación más pronunciada de la tierra producto de la interacción con las olas de temporal, así mismo la costa tiene un área que va desde el litoral hasta donde se encuentran diferentes estructuras que se relacionen con el océano, mientras que la línea de costa define el límite que está en el lado del mar del litoral cuyo límite interior no es fácilmente identificado (Lutgens y Tarbuck, 2005).

El litoral cuenta con una división que comprende los conceptos de playa baja y playa alta, en el primer caso corresponde a la zona que permanece expuesta durante la marea baja y queda sumergida durante la marea alta, en el segundo caso se hace referencia al lado continental de la línea litoral de marea alta, la cual permanece seca y es alterada por las olas únicamente en temporales (Lutgens y Tarbuck, 2005). De igual forma, es posible identificar la zona de ribera cercana que se ubica entre la línea litoral de marea baja y el área en la que convergen las olas en marea baja, y la zona prerribera que está sumergida en el mar junto a la franja ya mencionada (Lutgens y Tarbuck, 2005). En la figura 1 se exponen los diferentes lugares que conforman las zonas litorales.



**Figura 1.** Partes que conforman la zona litoral. Adaptado de “Capítulo 20 - Líneas de costa”, por F. Lutgens y E. Tarbuck, 2005.

### 4.3.3 Clasificación de las Costas.

La clasificación de las costas incluye una serie de factores que dependen de las características de los materiales constitutivos, no obstante, se conocen dos categorías que dependen de las condiciones sobre el nivel del mar, costas de emersión y costas de inmersión (Lutgens y Tarbuck, 2005).

#### 4.3.3.1 Costas de emersión.

Estas corresponden a las áreas que quedan expuestas cuando el nivel del agua de mar desciende, observando acantilados litorales y plataformas de abrasión que permanecen por encima del nivel del mar (Lutgens y Tarbuck, 2005).

#### 4.3.3.2 Costas de inmersión.

Estas son aquellas zonas que han sido sumergidas en el agua de mar por el aumento de su nivel, se ha establecido que normalmente se inundan los tramos inferiores de los valles fluviales, quedando por encima del nivel del mar las lomas que separan dichos valles y que son conocidas

como frentes de tierra, las desembocaduras fluviales inundadas reciben el nombre de estuarios (Lutgens y Tarbuck, 2005).

#### **4.3.4 Playas.**

Las playas se conforman por una o más bermas, las cuales son plataformas planas que se componen de arena y se encuentran cercanas a las dunas o acantilados, conocidas por su cambio de pendiente en el límite con el mar, de igual forma comprenden los frentes de playa como las zonas superficiales que están inclinadas y van desde las bermas hasta las líneas litorales (ver figura 1), (Lutgens y Tarbuck, 2005). Las playas se constituyen por los materiales predominantes de la zona, estando en algunos casos formadas por el sedimento producto de la erosión en acantilados o montañas costeras aledañas, y en otros por los sedimentos que son depositados por los ríos en la costa, con respecto a la composición mineral, pueden tener granos resistentes de cuarzo u otros minerales (Lutgens y Tarbuck, 2005).

Los sedimentos de las playas son areno-lodosos con tamaños que se encuentran entre finos a muy finos de origen continental, se componen de cuarzos, minerales pesados, micas e incluso de material calcáreo en pequeñas cantidades que proceden de fuentes biogénicas cercanas; el ancho de estas áreas puede ser superior a los 15 m en zonas estables ante la erosión y menor a los 3 m cuando la zona es fácilmente afectada por la erosión litoral (Posada y Rangel, 2005).

#### **4.3.5 Usos del agua en las zonas costeras.**

Las aguas costeras han sido utilizadas para diferentes fines conforme a sus características, entre las que se encuentra la pesca, uso recreativo, navegación, actividades portuarias, operaciones petroleras, comunicación y transporte, entre otros, lo cual ha originado beneficios relacionados a la generación de empleo, mejora de la calidad de vida, fuente de alimentos y en

general al desarrollo de las poblaciones ubicadas en las cercanías (CONAGUA y SEMARNAT, 2018). Para la presente investigación, se mantiene un énfasis en las aguas de uso recreacional para contacto primario y secundario.

#### ***4.3.5.1 Contacto primario.***

Se define como el uso que involucra el contacto directo con el agua en actividades como la natación, buceo y baños medicinales (Decreto 3930, 2010, art. 15).

#### ***4.3.5.2 Contacto secundario.***

Se define como el uso que no involucra el contacto directo con el agua en actividades como los deportes náuticos y la pesca (Decreto 3930, 2010, art. 15).

#### **4.3.6 Turismo.**

El turismo es una actividad económica que ha permitido mantener una relación entre la sociedad y la naturaleza, con el objetivo de garantizar el disfrute de los entornos ecológicos, lo cual ha repercutido de forma directa en los diferentes cambios que han experimentado los recursos naturales de las zonas costeras, así mismo se han incrementado las oportunidades de adquirir trabajo para las personas que dependen de las actividades de comercio relacionadas (Guerrero y Ramos, 2014).

La importancia de las playas para el turismo y el desarrollo económico de la sociedad hace necesario mantener ciertas cualidades que sean atractivas para los visitantes, destacando la calidad de las aguas de baño para evitar posibles focos de enfermedades ante el contacto directo o el posible consumo de alimentos contaminados (Guerrero y Ramos, 2014).

#### ***4.3.6.1 Capacidad de carga turística.***

Este término hace referencia al número máximo de visitantes que pueden ocupar un espacio destinado para el turismo, sin alterar de forma considerable el medio físico y sin disminuir la calidad de la experiencia que los visitantes esperan obtener, lo cual se relaciona con el desarrollo sustentable de las zonas costeras (Vargas, 2018).

#### **4.3.7 Coliformes.**

Son bacterias que se encuentran en el medio por medio de las plantas, suelo, animales y humanos, su presencia en el agua es un indicador de la posible contaminación por aguas residuales u otros desechos que están en descomposición, se ha establecido por medio de monitoreos que se encuentra una abundante presencia de coliformes en las aguas superficiales y en los sedimentos del fondo de dichos cuerpos (Ramos et al., 2008).

Esta contaminación de origen fecal consiste en una de las principales fuentes de riesgo sanitario en el agua debido a la posibilidad de generar enfermedades a la salud de las personas, producto del incremento en la concentración de microorganismos patógenos, esto hace de vital importancia mantener un control sobre la calidad del agua para garantizar la salud de la población expuesta (Ramos et al., 2008).

##### ***4.3.7.1 Coliformes fecales o termotolerantes.***

Corresponden a bacterias de origen fecal que se encuentran en los animales de sangre caliente y en los humanos, este grupo puede fermentar la lactosa bajo condiciones establecidas, generando ácido y gas en temperaturas superiores a los 40°C en incubación de 24 h; esta clase comprende especies como la *Escherichia Coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*, por medio

de las cuales se identifica la calidad del agua que recibe tratamiento y la presencia de contaminación fecal (Robert, 2014).

#### ***4.3.7.2 Coliformes totales.***

Estos coliformes de la familia Enterobacteriaceae, son conocidos por ser bacilos gran negativos, anaerobios facultativos no esporulados, con la capacidad de fermentar lactosa para generar gas y ácido láctico en temperaturas de 35°C, se encuentran en porcentajes del 10% entre los microorganismos intestinales de los humanos y ciertos animales (Robert, 2014). Su presencia en el medio ambiente es común, por lo que se ha establecido que no son un factor determinante sobre la contaminación fecal en el agua y sobre el riesgo para la salud humana, no obstante, sirven para indicar la degradación de un cuerpo de agua o la deficiencia en los sistemas de tratamiento utilizados en la actualidad (Robert, 2014).

#### **4.3.8 Enterococos.**

Son bacterias esféricas y grampositivas que se encuentran en el tracto gastrointestinal de diversos organismos y el hombre, conocidas por ser patógenos oportunistas que causan una serie de enfermedades como la endocarditis e infecciones del tracto urinario (Díaz, Rodríguez y Zhurbenko, 2014). Estas especies tienen forma de pares o de cadenas cortas, son anaerobias facultativas, capaces de fermentar para formar ácido láctico y resistentes en ambientes básicos o de temperaturas altas, han sido utilizados para establecer la calidad sanitaria del agua por la deposición de heces fecales e incrementar el riesgo por el aumento de gérmenes patógenos (Díaz et al., 2014)

#### **4.3.9 Hongos.**

Los hongos son seres unicelulares o pluricelulares que tienen la forma de cuerpos filamentosos ramificados debido a la agrupación de las células, estos cuentan con diversas especies que se identifican según sus características físicas, entre los que se encuentran *aspergillus*, *cándida* y *penicillium* (Quan, 2012).

##### **4.3.9.1 *Aspergillus*.**

Es un hongo filamentoso que se encuentra de forma general en el heno y el compostaje, este puede afectar la salud de personas con problemas en el mecanismo de defensa del cuerpo y provocar infecciones de pulmón, es capaz de crecer en ambientes de 37°C, también puede causar enfermedades alérgicas como la onicomycosis y sinusitis, y generar infecciones (Quan, 2012).

##### **4.3.9.2 *Cándida*.**

Este hongo presenta aproximadamente 200 especies, algunas de las cuales se encuentran en la flora endógena y son comensales del tracto digestivo, de la piel y de las uñas del hombre, este puede causar infecciones y afectar los órganos o el sistema (De Bedout y Gómez, 2010).

##### **4.3.9.3 *Penicillium*.**

Estas especies presentan conidióforos que pueden ser simples o ramificados que tienen en el extremo racimos de fiálides, este puede ser encontrado en diversos lugares y en mayor abundancia en el suelo, algunos de los hongos pueden generar toxinas; es saprófito y consume desechos, puede causar asma, rinitis y posible neumonitis de hipersensibilidad (Quan, 2012).

#### 4.4 Marco Teórico

Las playas del Caribe Norte Colombiano se caracterizan por contar con una serie de paisajes naturales que son de gran importancia para mantener un equilibrio ecológico y garantizar el desarrollo social de la mano con el concepto de sostenibilidad, sin embargo, estas zonas han sufrido diferentes eventos de contaminación relacionados con los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento y la disposición inadecuada de residuos sólidos, lo cual reduce su calidad ambiental y sanitaria para los usos a los cuales puedan estar destinadas (Pereira, 2015).

Esta situación ha revelado la carencia de unas bases que permitan evaluar de forma constante la calidad de las playas, con el fin de ejercer un control oportuno sobre las fuentes de contaminación que influyen en la pérdida de competitividad de dichas áreas, en cuanto a las actividades turísticas, recreativas y pesqueras se refiere (Pereira, 2015). No obstante, la preocupación por el deterioro de estos ecosistemas vitales ha ocasionado la formulación de diferentes políticas y métodos que logren evaluar la problemática actual e identificar de forma puntual los aspectos que deben ser manejados para evitar la reducción de la calidad en las zonas costeras expuestas (Pereira, 2015).

Una de las propuestas ampliamente conocida y que ha permitido mantener una evaluación actualizada de diferentes playas, corresponde al Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas (ICAPTU), este modelo permite medir once (11) parámetros distribuidos en los indicadores de agua litoral, arena de la playa, carga turística y control institucional (ICAPTU, 2018). Para hacer el seguimiento de las playas, se estudian los Indicadores de Calidad Ambiental Sanitaria, entre los que se encuentran *Escherichia Coli*, *Enterococos*, *Cándida*, *Parásitos* en arena, *Residuos sólidos* en arena, *Sólidos flotantes* y *Microplásticos* (ICAPTU, 2018).



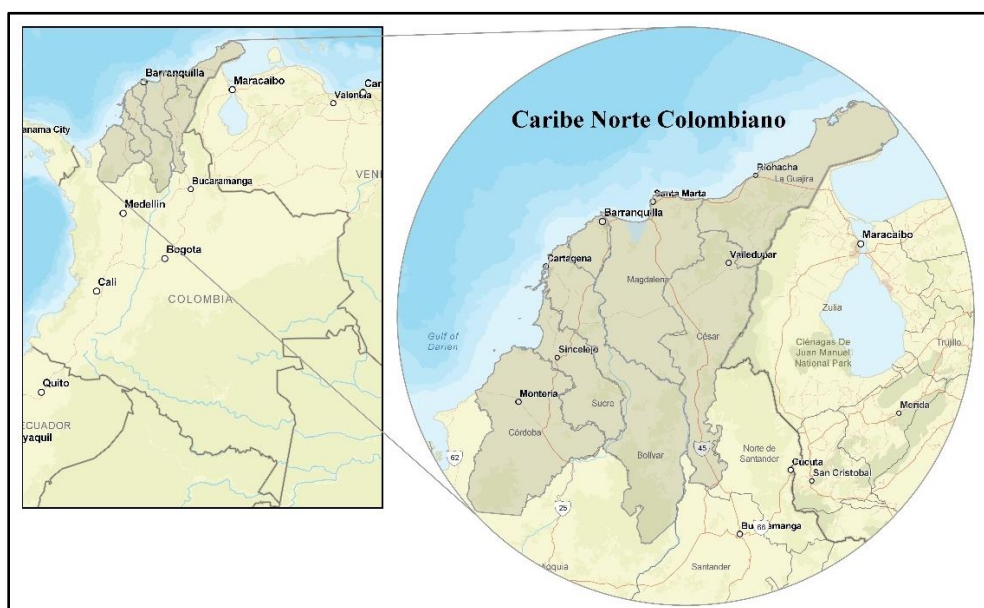
Una vez que los parámetros son evaluados, el ICAPTU permite asignar un código de colores según la calidad sanitaria de la playa con respecto al indicador y a la comparación del resultado con los límites máximos determinados en la normativa vigente, estableciendo mediante el color Rojo que la playa tiene alerta por la alta contaminación, el color amarillo informa que debe implementarse una medida de control para reducir los altos niveles del parámetro y el color verde expone que la calidad de la playa es óptima (ICAPTU, 2018).

Si bien estos sistemas de evaluación han incrementado el nivel de conocimiento sobre la calidad sanitaria de las playas, es importante realizar un número amplio de investigaciones que permitan tomar acciones concretas para mejorar las condiciones actuales, con el apoyo de las autoridades competentes encargadas de velar por la protección ambiental de las zonas costeras, para garantizar el nivel de cumplimiento de las acciones que sean implementadas (Pereira, 2015).

## 5. Diseño metodológico

### 5.1 Área de estudio

El desarrollo de la presente investigación sobre la calidad sanitaria del agua de mar se llevó a cabo en diecinueve (19) playas localizadas en el Caribe Norte Colombiano, las cuales están distribuidas en la trayectoria de los departamentos de La Guajira, Magdalena y del Atlántico hasta Bolívar (ver figura 2), su respectiva ubicación se observa en las figuras 23, 24 y 25.



*Figura 2.* Distribución de los departamentos que conforman el Caribe Norte Colombiano. Fuente: Autores.

### 5.2 Localización de los puntos de muestreo

Para realizar la investigación se tomaron muestras puntuales en cada una de las diecinueve (19) playas evaluadas, conforme a su extensión fue necesario recolectar dos (2) muestras en las playas de La Boquilla, Puerto Colombia y Punta Arena para garantizar que estas fueran representativas. En la tabla 4 se exponen las denominación de las playas evaluadas y las coordenadas geográficas correspondientes, cabe mencionar que para los casos en los cuales se tomaron dos muestras se asignaron las letras A y B con el fin de proporcionar una identificación.

**Tabla 4***Localización geográfica de los puntos de muestreo en las playas evaluadas*

<b>Playa</b>	<b>Coordenadas Geográficas</b>
Arroyo de Piedra	N 10°36'54,4" W 75°27'18,1"
Bocagrande	N 10°24'28,4" W 75°33'10,0"
Buritaca	N 11°15'37,28" W 73°46'22,66"
Camarones	N 11°25'52,1" W 73° 05'22,9"
Ciénaga	N 11°00'55,8" W 74°15'17"
Crespo	N 10°26'48,8" W 75°31'23,1"
Dibulla	N 11°16'26,4" W 73°18'54,6"
Galerazamba	N 10°47'23,9" W 75°15'48,2"
La Boquilla A	N 10° 28'06,7" W 75°30'05,4"
La Boquilla B	N 10° 28'16,8" W 75°29'58,9"
Los Cocos	N 11°14'19,4" W 74°13'03,7"
Manzanillo	N 10°30'53,96" W 75°30'00,47"
Palomino	N 11°15'20,8" W 73°33'22,9"
Playa de Santa Marta	N 11°14'10,80" W 74°13'11,31"
Pozos Colorados	N 11°09'52,5" W 74°13'49,0"
Puerto Colombia A	N 10°59'56,3" W 74°57'17,2"
Puerto Colombia B	N 11°00'03,0" W 74°57'15,9"
Punta Arena A	N 10°21'56,32" W 75°33'09,2"
Punta Arena B	N 10°21'58,4" W 75°33'16,4"
Riohacha	N 11°33'15,5" W 72°54'32,1"
Santa Verónica	N 10°52'41,7" W 75°05'04,9"
Taganga	N 11°15'52,0" W 74°11'29,0"

*Nota:* Se utilizan las letras A y B para identificar las dos (2) muestras tomadas en diferentes puntos de una misma playa.

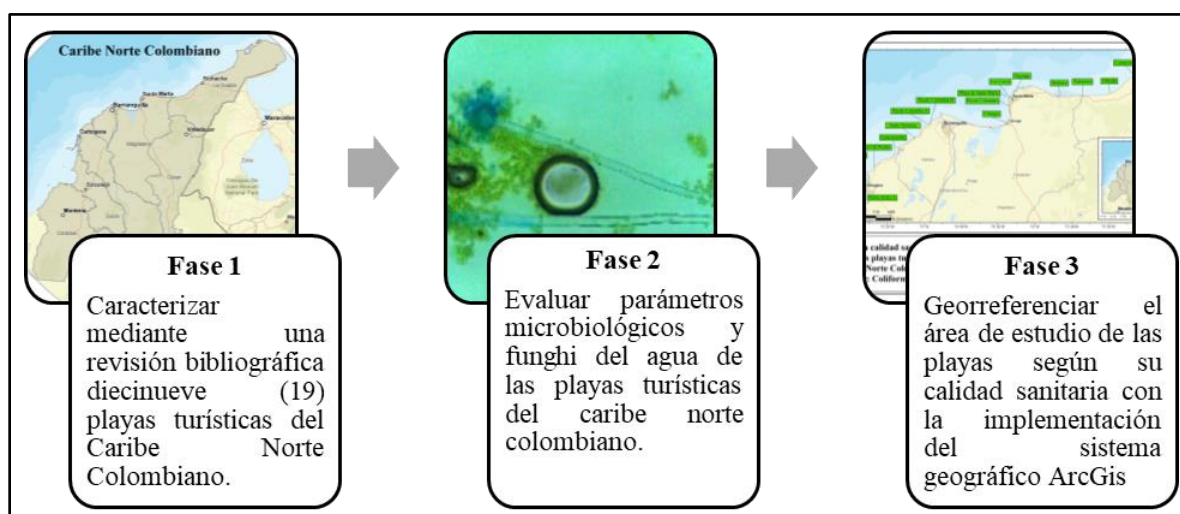
### 5.3 Tipo de investigación

La presente investigación es aplicada, con un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo, lo anterior debido a la evaluación que fue llevada a cabo sobre el objeto de estudio, considerando

las características ambientales de las playas y su calidad microbiológica, seleccionando y midiendo los parámetros de Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Enterococos y Hongos, para obtener datos que permitieran definir el estado actual del agua para su uso recreativo, con respecto a la normativa vigente (Baptista, Fernández y Hernández, 2014).

## 5.4 Fases de la investigación

Las fases que se describen en el siguiente apartado fueron efectuadas para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la investigación, en la figura 3 se presenta el resumen de la metodología.



**Figura 3.** Esquema metodológico de la investigación. Fuente: Aurtiores.

### 5.4.1 Fase 1: Investigación bibliográfica.

En esta fase se realizó la caracterización de las diecinueve (19) playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, mediante la revisión bibliográfica sobre los cambios que han experimentado a lo largo de la historia y su situación actual, incluyendo la identificación de las características propias de cada playa.

#### **5.4.2 Fase 2: Muestreo de las playas y evaluación de parámetros microbiológicos.**

Esta fase consistió en la evaluación de los parámetros microbiológicos, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Enterococos y Hongos, del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, para ello se realizó una fase de campo y una fase de laboratorio, teniendo en cuenta el protocolo de medición establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition (Baird, Eaton y Rice, 2017; IDEAM, 2017).

##### ***5.4.2.1 Toma de muestras en campo.***

Se tuvieron en cuenta 22 estaciones del litoral del Caribe Norte Colombiano, referenciando las coordenadas tal como se observa en la tabla 4, categorizando cada playa mediante su denominación para facilitar la interpretación y organización durante la posterior fase de laboratorio, en algunas playas se tomaron dos (2) muestras debido a la extensa longitud de las mismas, tal como se mencionó con anterioridad.

Para llevar a cabo el muestreo se realizó la visita de campo en las áreas de estudio conforme a la metodología establecida a nivel nacional, realizando la toma de muestras durante la temporada seca en el mes de Abril del año 2017, considerando que en esta época de semana santa se evidencia una alta afluencia de turistas. La recolección de las muestras de agua se realizó a una profundidad de 0,2 m por debajo de la superficie del agua, sumergiendo un recipiente de 100 mL de capacidad debidamente esterilizado, posteriormente se encubo la muestra en condiciones estables durante su transporte hasta su análisis en el laboratorio especializado de la Universidad de la Costa (IDEAM, 2017).

#### 5.4.2.2 Análisis de los parámetros microbiológicos en el laboratorio.

En la fase de laboratorio se determinaron los parámetros establecidos, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Enterococos y Hongos, mediante las técnicas expuestas en la tabla 5 en un tiempo que no sobrepasó las 24 h, utilizando los instrumentos suministrados por el Laboratorio del Centro de Investigación en Tecnologías Ambientales (CITA) ubicado en la Universidad de la Costa (CUC).

**Tabla 5**

*Métodos implementados para evaluar los parámetros microbiológicos*

Parámetro	Unidad	Técnica	Método de verificación
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Filtración por membrana	NTC 4772
Coliformes Totales	UFC/100 mL	Filtración por membrana	NTC 4772
Enterococos	UFC/100 mL	Filtración por membrana	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Código 9213
Hongos		Cultivo de siembra	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Código 9610

*Nota:* Adaptado de “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition”, por R. B. Baird, A. D. Eaton y E. W. Rice, 2017 y “Norma Técnica Colombiana NTC 4772 (Primera actualización)”, por ICONTEC, 2008.

Durante la preparación de los montajes se procedió a rotular las botellas Schott y a almacenar las muestras de agua para desarrollar al análisis correspondiente de cada parámetro microbiológico, basado en la metodología descrita en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition para presentar los resultados por parámetros (Baird,

Eaton y Rice, 2017). A continuación, se describen los métodos de evaluación de los parámetros microbiológicos.

**Coliformes Fecales, Coliformes Totales y Enterococos:** La técnica de filtración por membrana utilizada en el análisis microbiológico es un mecanismo en el cual se atrapan en la superficie de una membrana microorganismos con un tamaño superior al de los poros ( $0,45\ \mu\text{m}$ ), esto debido a una bomba eléctrica que ejerce una presión diferencial sobre la muestra de agua, permitiendo su filtración (IDEAM, 2007). Los microorganismos de tamaño menor al del poro pasan la membrana o quedan retenidos en el interior, las bacterias quedan en la superficie y esta es llevada a un medio enriquecido, selectivo o diferencial, el cual a través de intercambio metabólico y una incubación, permite identificar el crecimiento de microorganismos y unidades formadoras de colonia (IDEAM, 2007).

Una vez aplicada la técnica de filtración por membrana, las muestras fueron llevadas a una incubadora ubicada en el Laboratorio CITA de la Universidad de la Costa (CUC) y se mantuvieron a una temperatura entre los  $30$  y  $35^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 24 horas; posteriormente se analizó la presencia de coliformes fecales, totales y enterococos, informando el resultado en Unidades formadoras de colonia por 100 mL (UFC/100 mL). El procedimiento de análisis de los coliformes fecales, totales y enterococos se describe en los siguientes puntos, acorde a las referencias presentadas en la tabla 5.

- Inicialmente se instaló el equipo de filtración por membrana de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Se seleccionaron los volúmenes a filtrar conforme a la concentración que se presumía contenían las muestras. Los recuentos ideales se encuentran entre 20 - 200 Unidades

Formadoras de Colonia (UFC) por caja y el volumen estándar a filtrar de las muestras era de 100 mL (filtrando para las muestras de enterococos volúmenes de 1 y 10 mL).

- Empleando pinzas estériles se colocó la membrana filtrante con la cuadrícula cara arriba sobre la base del embudo.
- Luego, se ajustó el embudo hasta cerrarlo con el cuidado de no romper la membrana, para evitar reemplazarla por otra unidad.
- Posteriormente, se enjuagó la superficie interior del embudo con volúmenes de 20 a 30 mL de agua de dilución estéril.
- Se filtraron los volúmenes de muestra seleccionados.
- Finalizado el proceso de filtración de la muestra, se adicionó una porción de agua destilada estéril (20 - 30 mL) para enjuagar las sales de la muestra.
- Luego se apagó el equipo de vacío y se retiró la membrana filtrante con pinzas estériles, una vez retirada del sistema de filtración se transfirió a las cajas Petri con un medio Chromocult, evitando la formación de capas de aire entre la membrana y el medio de cultivo.
- Las cajas con las membranas se incubaron por un periodo de 22 a 24 horas para los coliformes y de 48 horas para los enterococos, a una temperatura de  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en posición invertida.
- Finalizado el tiempo de incubación se realizó el recuento de la Unidades Formadoras de Colonias (UFC) del grupo coliformes y enterococos, teniendo en cuenta las características macroscópicas del grupo en el medio de cultivo empleado: Colonias de color azul (Coliformes Fecales), colonias de color rojo oscuro (Coliformes Totales) y colonias de color rojo claro (Enterococos).



- Se realizó el recuento de las cajas que presentaron entre 20 - 80 colonias (no más de 250 colonias para los coliformes y no más de 100 colonias para los enterococos).
- Para la filtración de diferentes volúmenes de muestra se reportan los resultados de la siguiente forma:

**Para coliformes fecales y totales**

$$[\Sigma \text{ Recuentos}] = [\Sigma \text{ Volúmenes Filtrados}] \times 100 = \frac{\text{UFC}}{100 \text{ mL}}$$

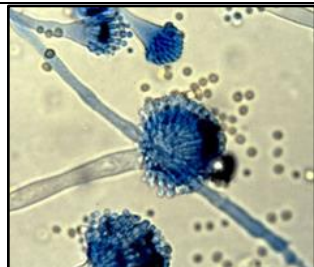
**Para enterococos**

$$\frac{\text{Enterococos}}{100 \text{ mL}} = \frac{\text{Número de colonias contadas}}{\text{Volumen de agua filtrada (mL)}} \times 100$$

**Hongos:** Para la medición de este parámetro se identificó la presencia de hongos del género *Aspergillus*, *Cándida* y *Penicillium* mediante el Agar Papa Dextrosa, teniendo en cuenta que estas especies pueden causar afectaciones a la salud de los visitantes de las playas turísticas que estén en contacto con el agua contaminada (Baird, Eaton y Rice, 2017). En la tabla 6 se describen las formas de los hongos evaluados.

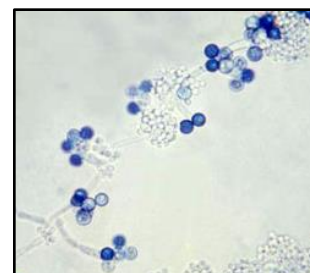
**Tabla 6**

*Descripción morfológica de los hongos Cándida, Aspergillus y Penicillium*

Hongo	Descripción	Vista microscópica
<i>Aspergillus</i>	Estas especies son filamentosas, hialinas y ubicuas, con reproducción asexual por medio de conidios que se encuentran en las fiálides, ubicadas en el ensanchamiento terminal del conidióforo.	

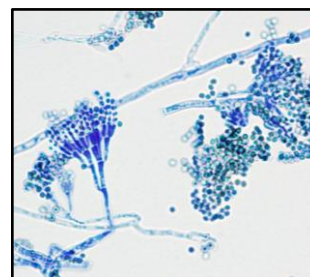
*Cándida*

Estas especies corresponden a levaduras mitospóricas con características alargadas o ligeramente redondas con un tamaño de 2 - 6 x 3 - 9  $\mu\text{m}$ , con una reproducción mediante gemación (blastoconidios).



*Penicillium*

Son especies filamentosas y saprófitas con hifas hialinas septadas y conidióforos con ramas secundarias (métulas). Tienen forma cilíndrica, paredes lisas y fiálides (de 3 a 6) con forma de matraz, con cadenas de conidios sin ramificar que forman un pincel característico.



---

*Nota:* Adaptado de “Aspergilosis”, por L. J. Méndez, 2015, “Candidiasis o candidosis”, por L. R. Castañón, 2016 y “Penicillium spp.”, por INSHT, 2017.

Con el fin de identificar la calidad de las playas con respecto a la normativa vigente, los resultados obtenidos fueron comparados con los límites establecidos a nivel internacional para cuerpos de aguas marinas de uso recreativo con contacto primario, en unidades de UFC/100 mL (ver tabla 7). Cabe mencionar que, a nivel internacional se ha establecido que los parámetros obligatorios que permiten definir la calidad del agua superficial para uso recreativo corresponden a los Coliformes Fecales y Enterococos, considerados como los más representativos para la identificación de las fuentes de contaminación fecal, por lo que en la presente investigación se evalúa la calidad de las playas mediante la comparación con dichos criterios (MSCBS, 2017).

Para el caso del parámetro de hongos no se maneja un referente normativo que establezca el significado de los resultados obtenidos, sin embargo, diferentes investigaciones han señalado que el contacto con aguas contaminadas por hongos del género *Cándida*, *Aspergillus* y *Penicillium*, puede ocasionar el contagio de enfermedades como infección, otomicosis, esofagitis

necrotizante, neumonía, endocarditis, peritonitis, infecciones urinarias, micosis, onicomicosis, asma y rinitis (Quan, 2012).

**Tabla 7**

*Valores límites establecidos en la normativa internacional vigente sobre los parámetros microbiológicos Coliformes Fecales y Enterococos*

<b>Norma</b>	<b>Valor límite de Coliformes Fecales</b>	<b>Valor límite Enterococos</b>
<sup>a</sup> Decreto No. 253 de 1979 (Uruguay)	1000 UFC/100 mL	--
<sup>b</sup> Resolución CONAMA No. 274 de 2000 (Brasil)	250 UFC/100 mL	50 UFC/100 mL
<sup>c</sup> Resolución No. 222 de 2002 (Paraguay)	250 UFC/100 mL	--
<sup>d</sup> EPA-823-R-03-008 (Estados Unidos)	--	35 UFC/100 mL
<sup>e</sup> Directiva 2006/7/CE de 2006 (Unión Europea)	--	100 UFC/100 mL

*Nota:* Adaptado de <sup>a</sup> “Decreto No. 253 de 1979”, por MVOTMA, 1979; <sup>b</sup> “Resolución CONAMA No. 274 de 2000”, por CONAMA, 2000; <sup>c</sup> “Resolución No. 222 de 2002”, por SEAM, 2002; <sup>d</sup> “Bacterial water quality standards for recreational waters (freshwater and marine waters). Status report”, por EPA, 2003; <sup>e</sup> “Directiva 2006/7/CE de 2006”, por Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2006.

El alcance de esta fase abarca un análisis detallado de cada indicador sanitario analizado, dando como resultado una comparación entre las playas evaluadas e identificando el grado de contaminación del agua en los diferentes puntos muestreados.

### 5.4.2.3 Identificación del tipo de contaminación fecal por playa.

Para establecer la fuente de contaminación fecal en cada una de las playas evaluadas, se lleva a cabo la relación entre los resultados obtenidos de los parámetros Coliformes Fecales (*Escherichia Coli*) y Enterococos, considerando lo planteado por diferentes autores sobre dicho valor como una forma para identificar si la contaminación es de origen animal, mixta o humana (Heydrich, Larrea, Rojas, Rojas y Romeu, 2013). En la tabla 8 se describe el significado del valor obtenido al relacionar los parámetros mencionados.

**Tabla 8**

*Relación entre Escherichia Coli y Enterococos para identificar el origen de la contaminación fecal*

Fórmula	Valor obtenido	Origen de la contaminación
$\frac{\text{Escherichia Coli}}{\text{Enterococos}}$	< 0,7	Animal
	0,7 - 4	Mixta
	> 4	Humana

*Nota:* Adaptado de “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura”, por M. Heydrich, J. Larrea, M. Rojas, N. Rojas y B. Romeu, 2013, *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), p. 24-34.




### 5.4.3 Fase 3: Georreferenciación de los puntos de muestreo conforme a su calidad sanitaria.

Esta fase consistió en la georreferenciación de los puntos muestreados en el área de estudio según su calidad sanitaria con la implementación del software ArcGIS, con el fin de obtener una visualización del nivel de calidad sanitaria de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, a partir de la asignación de colores para los diferentes parámetros microbiológicos estudiados (Coliformes Totales y Enterococos) en relación con el grado de cumplimiento normativo (ver

tabla 7), tal como se observa en la tabla 9. Los colores implementados son tomados del Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas (ICAPTU), por medio del cual se analiza una playa para conocer si está en alerta, control o es óptima para su uso (ICAPTU, 2018).

**Tabla 9**

*Criterios de calidad sanitaria establecidos para evaluar las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano*

Calidad Sanitaria	Color	Significado
Buena		Cumple con la totalidad de los límites establecidos en la normativa internacional vigente.
Regular		Cumple con dos de los límites establecidos en la normativa internacional vigente.
Mala		Cumple con uno de los límites establecidos en la normativa internacional vigente o no cumple con los valores.

*Nota:* Los colores asignados corresponden a los establecidos mediante el ICAPTU. Adaptado de “Indicador de Calidad Ambiental Sanitaria (ICAS)”, por ICAPTU, 2018.

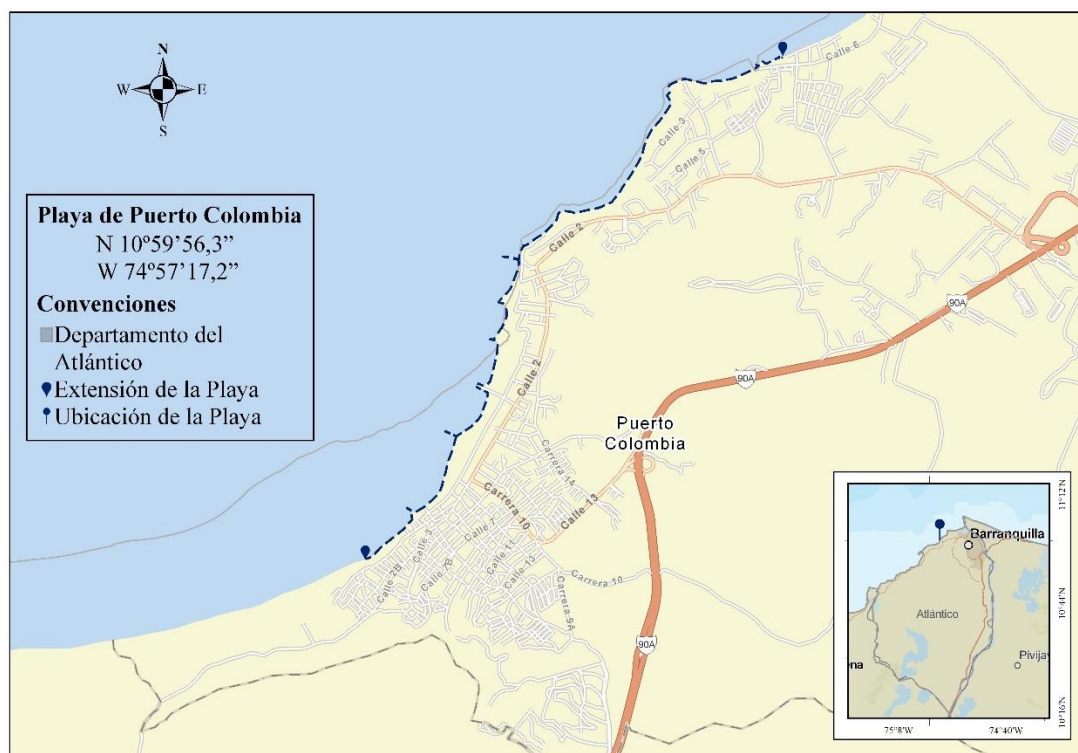
De igual forma se realizó la georreferenciación de los puntos con respecto al parámetro hongos, para observar la calidad de las playas a partir de la ausencia o presencia de estas especies, asignando los colores sobre la calidad buena o mala (ver tabla 9).

## 6. Resultados y análisis

### 6.1 Playas del departamento del Atlántico

#### 6.1.1 Puerto Colombia.

Este municipio se encuentra en el área metropolitana de Barranquilla a una distancia de 15 km de la ciudad y cuenta con una extensión aproximada de 93 km<sup>2</sup>, ubicado en las coordenadas 10°59'56,3"N y 74°57'17,2"W (Alcaldía de Puerto Colombia, 2012).



**Figura 4.** Área de estudio en la playa de Puerto Colombia, Atlántico. Adaptado de ArcGIS, 2019.

##### 6.1.1.1 Características generales de la zona.

Esta zona presenta un gran desarrollo residencial y universitario, se caracteriza por tener un muelle que cuenta con más de cien años de antigüedad y sus paisajes son de gran importancia ambiental. El municipio tiene amplias posibilidades de progreso por encontrarse en una zona

costera en el Océano Atlántico y en cercanía a los puertos ubicados en la región Caribe, de igual manera tiene potencial para actividades de pesca y a cielo abierto en actividades mineras (Alcaldía de Puerto Colombia, 2012).

#### ***6.1.1.2 Características ambientales de la playa.***

El municipio cuenta con un sistema hidrográfico conformado por ciénagas, Los Manatíes, Aguadulce, el Rincón, el Salado y Balboa, con la combinación de aspectos geológicos, climáticos y edáficos donde se presentan temperaturas superiores a los 27°C, con pocas lluvias y suelos salinos, exponiendo la vegetación característica del bosque seco tropical, como los herbazales y cactus que resisten las condiciones con poca cantidad de agua (Alcaldía de Puerto Colombia, 2017). Las ciénagas presentan condiciones ambientales óptimas para el crecimiento de manglares y áreas propensas a inundaciones; entre las especies de árboles del municipio destacan la ceiba, el trupillo y el roble, sin embargo, no existen condiciones de calidad para servir de habitat y albergar a diferentes tipos de especies, lo anterior se relaciona con las áreas dedicadas a la agricultura que disminuyen la oferta de una cobertura vegetal necesaria (Alcaldía de Puerto Colombia, 2017).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica de los dos (2) puntos de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11 (ver anexos), por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta coliformes fecales y totales, enterococos y el hongo *Penicillium*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

Si bien el tipo de sedimento es uno de los factores determinantes sobre el grado de contaminación, los mares que presentan arena tienen mayor concentración de bacterias, puesto

que cuando las playas son de arena se da el proceso de rotura de la ola que produce una turbulencia en la cual las partículas se ponen en suspensión, lo que dificulta la penetración de los rayos UV y la eliminación de las bacterias (Palazón, 2018). El tipo de sedimento de la playa de Puerto Colombia tiene arena, esto contrarresta a la ausencia de bacterias en el medio y explica que los coliformes totales sean incontables (Gobernación del Atlántico, 2012).

En cuanto a la temperatura las playas que se encuentran entre 20°C y 23°C, muestran un rango de concentración medio de *Escherichia Coli* entre los 0 y 100 UFC/100 mL y aproximadamente entre 20 y 60 UFC/100 mL para *Enterococos*, esto se evidencia cuando hay mayor radiación UV y menor pluviometría, menor será la concentración de bacterias (Palazón, 2018). Puerto Colombia suele tener una temperatura media de 27°C y 28°C, de manera que esto ayuda al control de los microorganismos (Gobernación del Atlántico, 2012).

La radiación solar causa la muerte de las bacterias presentes en las capas superficiales del agua, si se cumple con los requisitos de transparencia, y esto queda reflejado en el tipo de composición del sedimento (Palazón, 2018). La temperatura del agua puede afectar las tasas de supervivencia de los coliformes, sin embargo, las concentraciones de estas bacterias en las playas de recreo no solo dependen de la misma, dicha supervivencia a su llegada al medio marino se ve afectada también por la disponibilidad de nutrientes, la depredación por protozoos, el choque osmótico y la radiación ultravioleta, entre otros (Palazón, 2018).

Las condiciones anteriormente expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad se



reduce ante la presencia de *Penicillium* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio (Quan, 2012).

El grado de urbanización es otro factor importante para determinar la calidad del agua, debido a que las playas urbanas muestran una clara tendencia a la presencia de una mayor concentración de *Escherichia Coli* y *Enterococos* por los posibles vertimientos de aguas residuales, ante posibles fugas en el alcantarillado y demás (Palazón, 2018). Puerto Colombia es una playa urbana que cuenta con una población aproximada de 27.475 habitantes según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y está propensa a la ocurrencia de estos acontecimientos (Gobernación del Atlántico, 2012).

Al observar la relación entre *Escherichia Coli* y *Enterococos* es posible identificar la procedencia, considerando que diferentes autores han establecido que una relación superior a 4 indica que la contaminación es de origen humano, si es inferior a 0,7 la contaminación es animal y cuando se encuentra entre los dos intervalos expuestos se trata de una contaminación mixta (ver tabla 8), (Palazón, 2018). En Puerto Colombia se obtiene una relación de *Escherichia Coli/Enterococos* igual a 1,0 para el punto de muestreo A y de 0,4 para el punto B (ver tabla 10), es decir, que se presenta una contaminación mixta y animal respectivamente, siendo este el único factor que diferencia los puntos muestreados en esta playa.

Los lugares con mayores valores de precipitación y menor grado de depuración son las que más concentración de bacterias fecales albergan en sus playas, de manera que se puede especular sobre el grado de depuración en la playa que incide en la no proliferación de bacterias (Palazón, 2018). La pluviometría trae consigo aguas de escorrentía que limpian la superficie terrestre durante su recorrido, recogiendo diversos patógenos, además los ríos con una longitud reducida, mayor profundidad (menor turbidez) y menor actividad depredadora de la fauna acuática, hace

menos efectivo el proceso de depuración del agua hasta su llegada al mar (Palazón, 2018). No obstante, la época en la que se tomaron las muestras era seca y con una mayor presencia de turistas, por lo que la lluvia no incidió al momento de tomar las muestras.

### 6.1.2 Santa Verónica.

La playa de Santa Verónica se encuentra ubicada en el municipio de Juan de Acosta, con aproximadamente 22 km de extensión, se encuentra a 40 kilómetros de la ciudad de Barranquilla por la vía de Cartagena, ubicada en las coordenadas  $10^{\circ}52'41,7''\text{N}$  y  $75^{\circ}05'04,9''\text{W}$  (MinCIT, 2010).



**Figura 5.** Área de estudio en la playa de Santa Verónica, Atlántico. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.1.2.1 Características generales de la zona.

En el lugar se ubican un gran número de quioscos y casetas donde se ofrecen platos típicos, siendo esta la principal fuente de sustento de la población aledaña. En la zona se encuentra un

parador turístico a una distancia de 37 km desde Barranquilla vía Cartagena, el lugar es conocido por el sombrero vueltiao, como símbolo representativo de la Costa Caribe colombiana, con información turística para los visitantes (MinCIT, 2010).

#### ***6.1.2.2 Características ambientales de la playa.***

La playa de Santa Verónica presenta vegetación arbórea y arbustiva, ciénagas, lagunas costeras y manglares, las riberas presentes tienden a erosionarse producto del oleaje, entendida como una acción mecánica y química que destruye las paredes rocosas al socavar la parte inferior de los taludes, siendo menos estables con el tiempo y ocasionando la caída de material rocoso de la parte superior (Arrieta, 2014; CRA e INVEMAR, 2007).

Santa Verónica registra la menor cantidad de fauna, junto con Barranquilla, los manglares ocupan una extensión de 1,4 hectáreas y se encuentran amenazados por los asentamientos humanos y la tala excesiva; entre las fuentes de contaminación se encuentra la comunidad, el Río Magdalena, el turismo y la recreación. La comunidad no solo interviene en los manglares, también afecta los ecosistemas de fondos blancos en la plataforma continental, al igual que lo hace el Río Magdalena; el turismo y la recreación generan impactos sobre los manglares y aumentan la contaminación en el suelo y el agua de las playas (CRA e INVEMAR, 2007).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta coliformes fecales y totales, enterococos y el hongo *Aspergillus*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados

Según estudios realizados el tipo de sedimento influye en el grado de contaminación, para el caso de Santa Verónica es una playa del Caribe que está constituida por una acumulación de material arenoso no consolidado de origen terrígeno y color pardo depositado en la franja litoral (CIOH y DIMAR, 2009). La arena genera turbiedad en el agua debido al movimiento de la olas, por lo que se dificulta la penetración de los rayos UV y la eliminación de las bacterias, esta situación explica la presencia de los microorganismos (Palazón, 2018).

En cuanto a la temperatura de la playa supera los 23°C, lo que favorece la eliminación de bacterias por medio de la radiación UV en las capas superficiales del agua, siempre y cuando no se presente turbulencia, por lo que su incidencia no es significativa. La relación entre *Escherichia Coli*/Enterococos en la playa de Santa Verónica permite conocer que la contaminación es de origen mixta al obtenerse un valor de 2,3 (ver tabla 10), por lo que hay fuentes de tipo humana y animal (ver tabla 8), (Palazón, 2018).

Las condiciones anteriormente expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Aspergillus* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio y provocan alergias (Quan, 2012).

## 6.2 Playas del departamento de Bolívar

### 6.2.1 Arroyo de Piedra.

Se encuentra ubicado en la ciudad de Cartagena, aledaño al corregimiento de Punta Canoas y se localiza en las coordenadas  $10^{\circ}36'54,4''\text{N}$  y  $75^{\circ}27'18,1''\text{W}$  (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001).



**Figura 6.** Área de estudio en la playa de Arroyo de Piedra, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.2.1.1 Características generales de la zona.

Dentro de las actividades económicas relacionadas al uso del suelo se encuentra el agropecuario, donde se destacan grandes áreas de pastos y rastrojos utilizados para la ganadería, del mismo modo se destinan otras áreas para cultivar coco, ají, yuca y papaya (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001). Esta área presenta un potencial turístico y recreativo por los paisajes naturales, a través de los años se ha incorporado dentro de la reglamentación del uso del

suelo la actividad de turismo, recibiendo visitantes de toda Colombia y del extranjero, cambiando las actividades económicas de la zona y generando un aumento en la construcción (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001).

#### ***6.2.1.2 Características ambientales de la playa.***

La playa de Arroyo de Piedra presenta sedimentos que son arrojados por el Río Magdalena en Bocas de Ceniza, el litoral se conforma principalmente por playas con arenas similares a las identificadas en la playa Bocagrande, estas zonas se constituyen por rocas y presentan forma de acantilado, la erosión que se evidencia es consecuencia de los cambios ambientales, como el ascenso del nivel del mar (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001). En las áreas donde la acción de las olas en casi nula se observa la presencia de manglares, como el mangle salado y el mangle rojo, por esto arroyo de piedra es un buen escenario para estos ecosistemas, del mismo modo esta área tiene la presencia del volcán Don Juan, estimado en un volumen de 29.500 m<sup>3</sup> (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001).

Arroyo de piedra y Palmarito cuenta con zonas que pueden presentar inundaciones por sus condiciones de llana y baja elevación, además de tener sedimentos finos arcillosos con material coluvial, por lo que la construcción de viviendas, empresas y demás, no es permitida ante el posible riesgo (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, enterococos y sin presencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las

muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

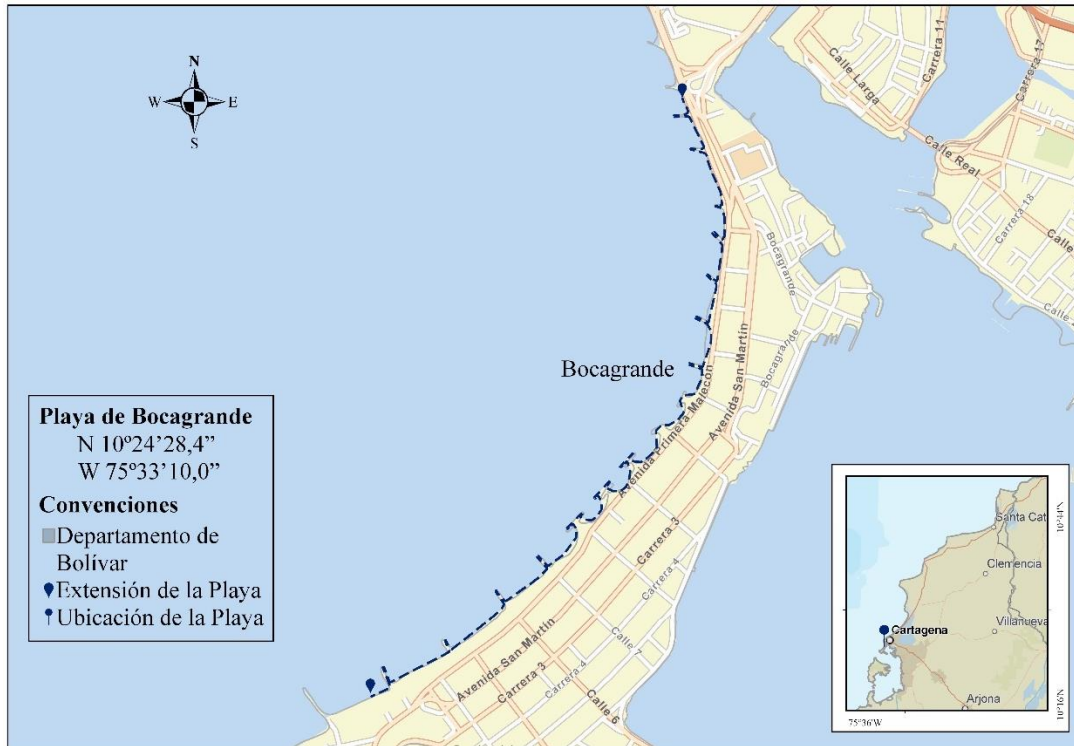
El tipo de suelo del área es arena, un factor que dificulta la depuración natural de los microorganismos presentes en el agua debido a la turbiedad generada por el oleaje, lo que impide que la radiación penetre en las capas superficiales de las aguas costeras, a su vez influye la población aledaña en el incremento de los microorganismos por los vertimientos de aguas residuales, a medida que la población se incrementa mayor serán los aportes (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, 2001).

La procedencia de la contaminación en las playas de Arroyo de Piedra es mixta (animal y humana), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 1,4 (ver tablas 8 y 10), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación ya que las muestra fueron tomadas en época de sequía (Palazón, 2018).

Las condiciones anteriormente expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad es de igual forma buena ante la ausencia de hongos (ver figura 23).

### **6.2.2 Bocagrande.**

Se encuentra sobre la península sur del centro histórico de Cartagena, por la cercanía con las murallas de la ciudad suele ser una de las playas más visitadas y se ubica en las coordenadas 10°23'28,4"N y 75°3'10,0"W.



**Figura 7.** Área de estudio en la playa de Bocagrande, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### **6.2.2.1 Características generales de la zona.**

Bocagrande presenta una pendiente de tipo disipativa, con zona de rompientes ancha que se encuentra con control por espolones (Guerrero, 2017). Esta zona presenta un gran número de edificaciones, realizando urbanizaciones con rellenos de materiales extraídos de la superficie de la bahía, los hoteles de la zona han incidido en el aumento de la cantidad de visitas de turistas (Mayorga y Sánchez, 2014).

#### **6.2.2.2 Características ambientales de la playa.**

Se encuentra constituida por sedimentos que son de origen continental, con características de grano fino a grueso y de un color gris, Bocagrande está localizada en una zona donde se da una mayor dinámica eólica y mayor exposición al oleaje, con una extensión de 2,8 km y 35 - 40 metros de playa (Olivares y Rincón, 2005).



Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración de coliformes fecales y totales, enterococos y presencia de *Aspergillus*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

Estos resultados se deben a la turbiedad del agua y la reducida entrada de luz que dificulta la disminución de las especies de microorganismos en las zonas de uso público (Palazón, 2018). La contaminación de la playa de Bocagrande es humana (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 4,4 (ver tabla 10), esto indica que la presencia de coliformes y enterococos se debe a los posibles vertimientos de aguas residuales (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Aspergillus* (ver figura 23), al considerar que esta especie se relacionan con enfermedades que afectan el sistema respiratorio y provocan alergias en los humanos (Quan, 2012).

### **6.2.3 Crespo.**

La playa de crespo se encuentra localizada cerca del barrio Marbella y a la zona histórica del barrio El Cabrero, localizada en las coordenadas 10°26'48,8"N y 75°31'23,1"W ( Consejo Gremial de Bolívar, 2018).



**Figura 8.** Área de estudio en la playa de Crespo, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### ***6.2.3.1 Características generales de la zona.***

Esta zona se caracteriza por ser un área de turismo y con mayor acceso vial para los visitantes, además de ser una zona segura (Yepes, 2004). En el área de la playa se plantea la construcción de cuatro (4) espolones con una longitud de 988 m cada uno, por medio de lo cual se busca generar una barrera de protección costera (Consejo Gremial de Bolívar, 2018).

#### ***6.2.3.2 Características ambientales de la playa.***

En la playa de Crespo se presenta contaminación por microplásticos, desechos que son arrastrados al mar por las corrientes y las escorrentías de las lluvias abundantes en el Canal del dique, otro factor de contaminación corresponde a la elevada carga turística de la zona; esta problemática se debe a varios factores, entre los cuales se destacan la acción de los vientos, las lluvias, mareas y la vegetación de la zona costera (Acosta, 2014). Las condiciones climáticas

varían, una época seca y de verano se comprende entre diciembre y abril, existe presencia de fuertes vientos del sector Norte-Noreste y algunas escasas lluvias; posteriormente, se presenta una época de transición donde se presentan lluvias entre los meses de mayo y julio; por último, se presenta el invierno, desde el mes de agosto hasta noviembre con un régimen abundante de lluvias (Acosta, 2014).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración alta de coliformes fecales y totales, enterococos y con presencia de *Penicillium*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

Se evidencia que la concentración de los coliformes fecales supera los límites establecidos en la normativa vigente al reportar un valor superior a 100 UFC/100 mL (ver tabla 11), esto indica que la playa se está viendo afectada por la afluencia turística y los posibles vertimientos directos de aguas residuales sin tratamiento, reportando una calidad mala para su uso recreativo con contacto primario (ver figura 25) ante el riesgo de contraer posibles enfermedades. La relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,0 (ver tabla 10), por lo que se establece que la contaminación de esta playa es de origen animal y con aportes de las actividades humanas realizadas en las cercanías (ver tabla 8), (Palazón, 2018).

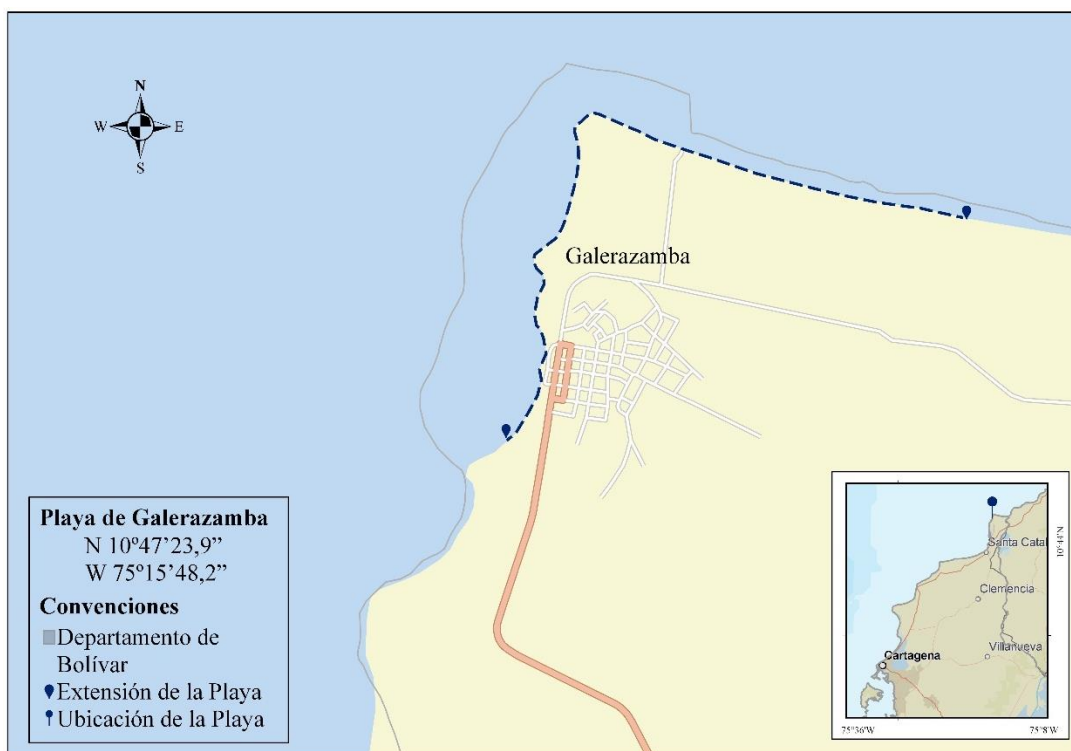
Para el caso de los coliformes fecales se identifica que los valores hallados cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario (ver tabla 11), presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Con respecto a los hongos la calidad también se reduce ante la presencia de *Penicillium* (ver figura 23), al

considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio (Quan, 2012).

Estos resultados revelan que la calidad sanitaria del agua de la playa de Crespo no es apta para su uso, haciendo necesario ampliar la investigación para reducir los focos de contaminación que pueden afectar a largo plazo la salud de los turistas que visitan esta zona. Las turbulencias generadas en la playa por las olas y la interacción del agua con la arena afectan la intervención de los haces de luz en la superficie del agua y se reduce el proceso de depuración de la playa, además la población aledaña genera aguas residuales cuyos aportes desfavorecen la calidad de esta zona por el vertido de aguas residuales, aumentando el número de coliformes y enterococos (Palazón, 2018).

#### **6.2.4 Galerazamba.**

Galerazamba es un corregimiento del municipio de Santa Catalina de Alejandría, en el departamento de Bolívar, limita al norte con el mar caribe y al sur con el corregimiento de Pueblo Nuevo, se ubica en las coordenadas 10°47'23,9"N y 75°15'48,2"W (Ricardo y Venecia, 2011).



**Figura 9.** Área de estudio en la playa de Galerazamba, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### **6.2.4.1 Características generales de la zona.**

La principal fuente de sustento es la explotación salina, de la misma forma se realizan actividades de agricultura y ganadería, sin dejar de lado la explotación minera y el atractivo turístico (Ricardo y Venecia, 2011). El mayor atractivo turístico de la zona es el Volcán del Totumo, operado por la asociación de trabajadores del volcán del totumo y cuenta con 6 kioscos y 15 mesas que permiten atender a los turistas que llegan a este lugar (Ricardo y Venecia, 2011).

#### **6.2.4.2 Características ambientales de la playa.**

En la playa Galerazamba se pueden encontrar una gran variedad de escenarios naturales, donde se observan lagunas costeras de la Redonda con sus miradores, Palmarito y el Prieto con la presencia de manglares y avifauna nativas (MinCIT, 2010). Los ecosistemas marinos se encuentran bajo Isla Arena, observándose la formación de un volcán de lodo submarino, así

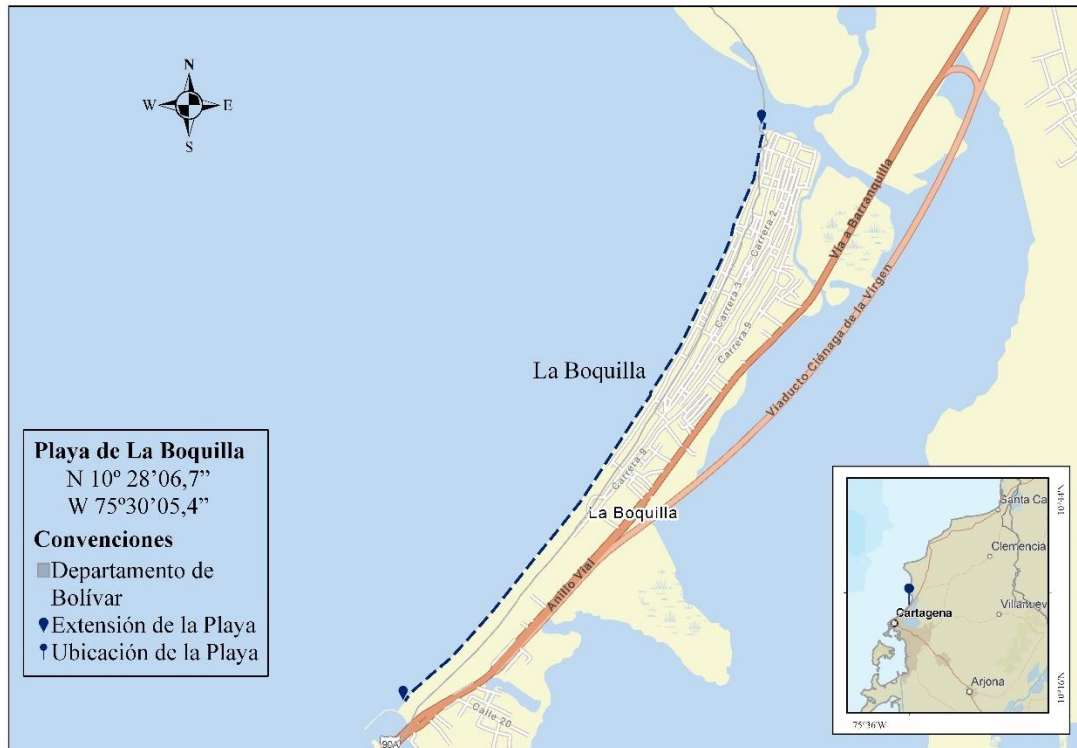
mismo en el bajo se encuentran abandonadas varias embarcaciones en el fondo del mar, estas permitieron la formación de un arrecife de coral artificial unidos a las naturales nativas (MinCIT, 2010).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, enterococos y con la presencia de *Penicillium*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados. En general la calidad de la playa es buena, lo cual se debe en parte al menor número de habitantes y a la poca afluencia de turistas en el área nativas (MinCIT, 2010); la procedencia de la contaminación es animal (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,0 (ver tabla 10), (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Penicillium* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio (Quan, 2012).

### 6.2.5 La Boquilla.

Corregimiento que pertenece al Distrito de Cartagena de Indias, ubicado a aproximadamente 2 km al norte de la ciudad por la vía que conduce al mar, localizado en las Coordenadas  $10^{\circ}28'06,7''\text{N}$  y  $75^{\circ}30'05,4''\text{W}$  (Buitrago, 2005).



**Figura 10.** Área de estudio en la playa de La Boquilla, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.2.5.1 Características generales de la zona.

La Boquilla es delimitada y el espacio que ofrece es insuficiente para los habitantes de la zona, ocasionando graves problemas de sobrepoblación que impiden la posibilidad del uso de suelo para la posible entrada de empresas y construcción de vías, además se han ocupado las áreas naturales, ocupando playas y ciénagas (Buitrago, 2005).

#### **6.2.5.2 Características ambientales de la playa.**

La Boquilla presenta diversos ecosistemas estratégicos, como las lagunas costeras y pantanos de manglar, que son altamente sensibles a cualquier cambio ambiental natural y antropogénico, ha servido como un filtro de gran importancia para los nutrientes y la anidación de diversas especies como aves y tortugas marinas (Cortes, Del Valle y Sánchez, 2014). Los manglares se encuentran en los afluentes laterales y humedales por un canal central ramificado, la importancia de estos se centra en el control de inundaciones, filtración de contaminantes y reducción de la erosión (Cortes et al., 2014).

La fauna también es característica en esta zona, resaltando la presencia de crustáceos, maría mulatas, garzas, gaviotas y las especies marinas que son cada vez más escasas teniendo en cuenta la fuerte influencia antrópica en la Boquilla, lo que origina condiciones deficientes para habitar en estos ecosistemas. La Boquilla es una zona cálida húmeda, las brisas y sequías más fuertes se dan en los meses de diciembre a febrero y las lluvias empiezan desde los meses de marzo a octubre (Cortes et al., 2014).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica de los dos (2) puntos de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y enterococos, y una concentración mayor para los coliformes totales, con la presencia de hongos de la especie *Cándida* en el punto A y *Aspergillus* en el punto B, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.



Conforme a la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos que fue de 0,7 para el punto A y de 0,5 para el punto B (ver tabla 10), se establece que la contaminación es de tipo animal (ver tabla 8), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación ya que las muestra fueron tomadas en época seca (Palazón, 2018). Los altos valores de coliformes totales también pueden ser producto de vertimientos directos de aguas residuales por parte de las poblaciones aledañas.

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Cándida* en el punto A y *Aspergillus* en el punto B (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades infecciones que pueden afectar los órganos y el sistema respiratorio (De Bedout y Gómez, 2010; Quan, 2012).

#### **6.2.6 Manzanillo.**

Está ubicada en el Norte del departamento de Bolívar, en el anillo vial Manzanillo del Mar de la ciudad de Cartagena de Indias, con coordenadas 10°30'53,96"N y 75°30'00,47"W.



**Figura 11.** Área de estudio en la playa de Manzanillo, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### **6.2.6.1 Características generales de la zona.**

Manzanillo se considera un territorio suburbano, por lo que esta zona está destinada al desarrollo urbano, la localización presenta una posición geográfica de gran privilegio, al norte se encuentra cerca del mar caribe y al oriente del Caño Juan Polo siendo una extensión de la ciénaga (Barrios y Carrillo, 2014).

#### **6.2.6.2 Características ambientales de la playa.**

Manzanillo es una llanura costera con material arenoso y abundantes conchas, se constituye por sedimentos de origen continental que van de grano fino a grueso de color gris, en periodos comprendidos entre los meses de diciembre y abril se presentan fenómenos de erosión debido a la presencia de vientos alisios del Noreste (CIOH y DIMAR, 2009). En manzanillo también se

presentan las llamadas terrazas marinas, estas son formadas por el continuo desgaste de las rocas por el oleaje, las alturas de estas oscilan entre 0,50 hasta 1 m (CIOH y DIMAR, 2009).

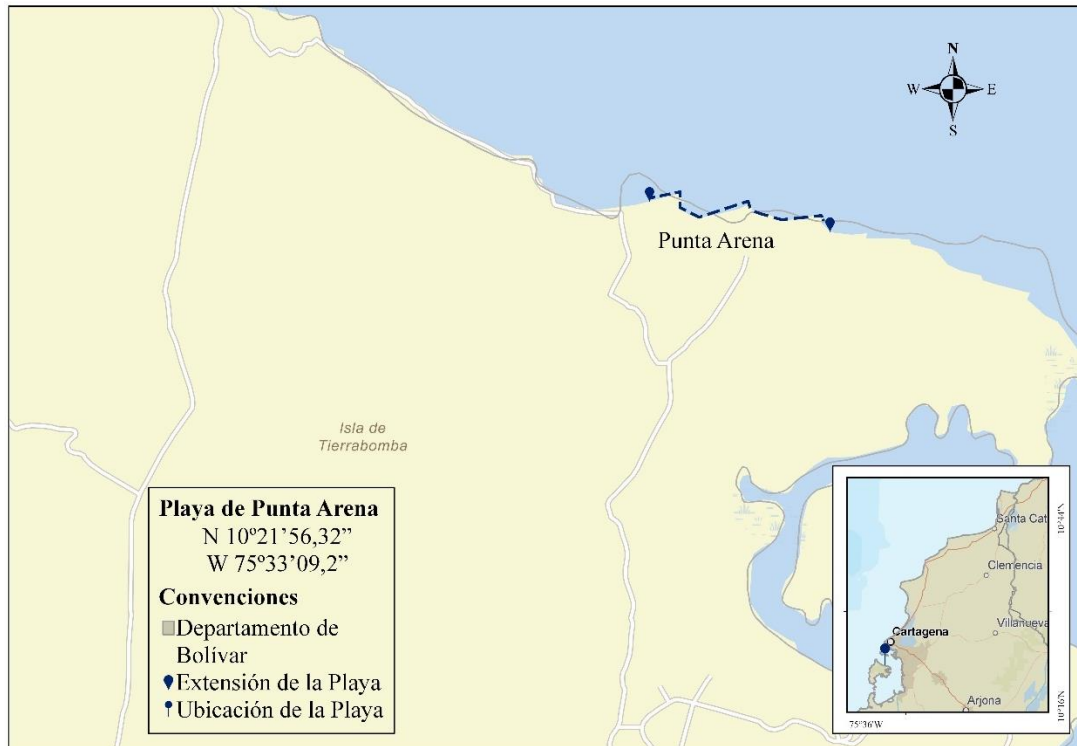
Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, enterococos y con presencia del hongo *Aspergillus*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

Las fuentes de contaminación de la playa son de tipo animal (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,0 (ver tabla 10), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación debido a que las muestra fueron tomadas en época de sequía (Palazón, 2018). Los datos revelan que la calidad de la playa es buena, al presentar microorganismos en concentraciones menores a los 30 UFC/100 mL.

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Aspergillus* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio y generan alergias (Quan, 2012).

### 6.2.7 Punta Arena.

Punta Arena está ubicado en la isla de Tierra Bomba en el municipio de Cartagena, su acceso se debe realizar vía marítima desde la playa Castillo grande y se ubica en las coordenadas  $10^{\circ}21'56,32''\text{N}$  y  $75^{\circ}33'09,2''\text{W}$  (Núñez, 2015).



**Figura 12.** Área de estudio en la playa de Punta Arena, Bolívar. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.2.7.1 Características generales de la zona.

En la zona se han realiza adecuaciones sobre la malla vial, la vía marítima y terrestre, con el fin de mejorar la conexión con Cartagena y el problema relacionado con la prestación de servicios de acueducto, energía y gas para las personas que habitan en esta zona (Núñez, 2015).

### **6.2.7.2 Características ambientales de la playa.**

La playa posee una gran variedad de vegetación, sin embargo, la población de Tierra Bomba ha reducido los manglares de la zona para trazar la vía, esto ha deteriorado el ecosistema, afectando los procesos de autodepuración de los cuerpos de agua y por consiguiente el hábitat de muchas especies, situación que empeora ante el inadecuado manejo que la población le da a la laguna ubicada en el poblado de Punta Arena, teniendo en cuenta que esta deposita los desechos en este lugar (Núñez, 2015).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica de los dos (2) puntos de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales, concentración superior a 45 UFC/100 mL en los coliformes totales y una concentración superior a 100 UFC/100 mL de enterococos para el punto A y de 36 UFC/100 mL en el Punto B. De igual forma se identificó la ausencia de hongos en el punto A y presencia del hongo *Penicillium* en el punto B, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

La contaminación en esta playas es de tipo animal (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,0 para el punto A y 0,4 en el punto B (ver tabla 10), con el aporte de vertimientos de aguas residuales producto de las actividades humanas realizadas en la isla, estos resultados no fueron afectados por escorrentías puesto que las muestras fueron tomadas en temporada seca de manera que las concentraciones no fueron alteradas (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Para el caso del parámetro enterococos se establece que el punto A no cumple con los valores normativos y el Punto B no cumple con el límite dispuesto en la norma EPA-823-R-03-008 (ver tabla 11), lo que revela una calidad mala y regular respectivamente (ver figura 25).

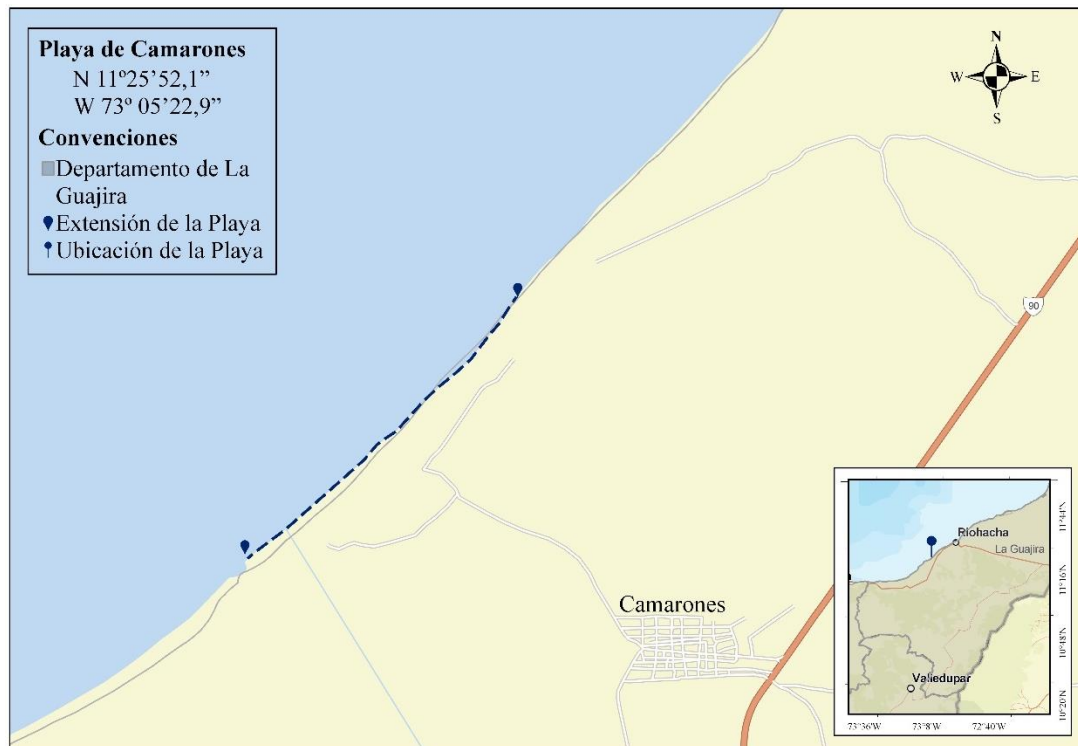
Para el caso de los hongos la calidad es mala en el Punto B ante la presencia de la especie *Penicillium* (ver figura 23), al considerar que esta se relaciona con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio (Quan, 2012). Las condiciones que no permiten la depuración natural de las playas corresponden al tipo de sedimento, que afecta la entrada de luz por las turbulencias que generan las olas con la arena, el grado de urbanización de Cartagena, puesto que cuenta con más de 900.000 habitantes que inciden en la degradación de la calidad de las playas por las actividades que realizan, y la presencia de aguas residuales por posibles fugas en el alcantarillado o vertimientos directos (Palazón, 2018).

A pesar de lo anteriormente mencionado, Cartagena posee una temperatura superior a los 30°C y esta es capaz de controlar la proliferación de microorganismos presentes en las aguas marinas, incidiendo de igual forma el número de horas de sol y la ausencia de turbulencia en la misma (Núñez, 2015; Palazón, 2018).

## 6.3 Playas del departamento de La Guajira

### 6.3.1 Camarones.

Esta zona se encuentra ubicada en la franja costera del municipio de Riohacha, a 20 km por la troncal del Caribe hacia el este de Riohacha, localizada en las coordenadas  $11^{\circ}25'52,1''\text{N}$  y  $73^{\circ}05'22,9''\text{W}$  (Alcaldía de Riohacha, 2001; MinCIT, 2010).



**Figura 13.** Área de estudio en la playa de Camarones, La Guajira. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.3.1.1 Características generales de la zona.

Esta zona se encuentra limitada por la troncal Caribe y las playas del Mar Caribe, cuenta con deficiencias marcadas en la prestación de servicios públicos y en la infraestructura, lo que repercute en la calidad de vida de la población en materia de salud, degradación ambiental y bajo nivel de desarrollo social, principalmente a nivel pesquero (Alcaldía de Riohacha, 2001; DNP, 2017).

### ***6.3.1.2 Características ambientales de la playa.***

Camarones tiene un potencial turístico considerable por sus paisajes naturales y contar con una de las reservas más importantes de fauna y flora, en especial por las aves que habitan esas áreas como los flamencos, además presenta una serie de ciénagas de agua dulce y salada que se han visto deteriorados por la acelerada deforestación (Alcaldía de Riohacha, 2001; MinCIT, 2010).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona exhibe una concentración reducida de coliformes fecales, enterococos y sin presencia de hongos, sin embargo, reporta un valor superior a los 250 UFC/100 mL para los coliformes fecales, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

La contaminación puede ser de tipo animal (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,2 (ver tabla 10), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación ya que las muestra fueron tomadas en época de sequía, sin descartar la incidencia de las actividades humanas inadecuadas (Palazón, 2018). Los microorganismos identificados se mantienen en el agua por el comportamiento señalado en los casos anteriores, la turbiedad generada por la rena reduce la posibilidad de depuración mediante la interacción con los rayos UV.

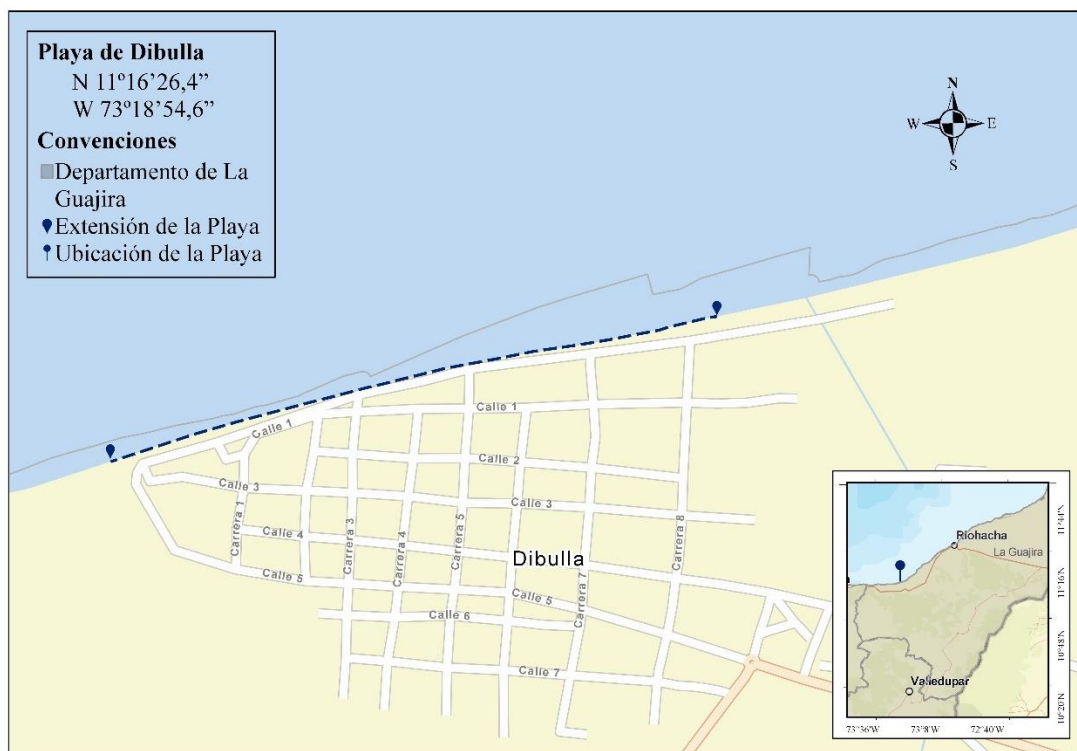
Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las



especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Para el caso concreto de los enterococos no se da cumplimiento de la normativa EPA-823-R-03-008, que establece un límite de 35 UFC/100 mL, por lo que la calidad sanitaria es regular con respecto a este indicador (ver figura 25). La calidad sanitaria de la playa con relación a los hongos es buena, debido a la ausencia de dichas especies (ver figura 23).

### 6.3.2 Dibulla.

El municipio de Dibulla está ubicado en el departamento de la Guajira y limita al occidente con el departamento del Magdalena, se encuentra a 74 km de Riohacha y se ubica en las coordenadas  $11^{\circ}16'26,4''\text{N}$  y  $73^{\circ}18'54,6''\text{W}$  (Alcaldía de Dibulla, 2016).



**Figura 14.** Área de estudio en la playa de Dibulla, La Guajira. Adaptado de ArcGIS, 2019.

### ***6.3.2.1 Características generales de la zona.***

El municipio de Dibulla presenta una población pluriétnica y multicultural representada por una población indígena de etnias Kogui, Wiwas, Arhuacos y Wayu, afrodescendientes y mestizas (DPS, 2010). Entre los productos de mayor importancia se encuentra la Malanga, la yuca, uno de los ingredientes más conocidos en la gastronomía de Dibulla, el plátano, que ha sido reconocido en el municipio como el producto que durante mucho tiempo sustento su economía, entre otros alimentos que son importantes para la economía local como la producción de cacao para la industrias (DPS, 2010).

Dibulla se caracteriza por tener bienes tangibles como un antiguo templo, casa rural, teatros, Antiguo ingenio Azucarero y el monumento al Campesino cultivador de plátano, también posee un potencial para el tema logístico, portuario y minero (Alcaldía de Dibulla, 2016).

### ***6.3.2.2 Características ambientales de la playa.***

La localización geográfica del municipio cercano a la Sierra Nevada de Santa Marta permite la existencia de lagunas, ciénagas, ríos, humedales, aguas subterráneas y pantanos, los ríos son usados principalmente para consumo doméstico, el mar para la recreación y el desarrollo de la industria (Alcaldía de Dibulla, 2012). Los ríos presentes en el municipio son el Río Tapias, Río Cañas y Jerez, Ríos Lagarto - Maluisa, Ríos Negro - San Salvador, Río Palomino y Río Ancho; una de las principales problemáticas es la contaminación por residuos sólidos, teniendo en cuenta que la mayor parte de estos son dispuestos en botaderos a cielo abierto (Alcaldía de Dibulla, 2012).

En el municipio se están implementando estrategias de educación ambientales en las escuelas, realizando jornadas de recolección de residuos sólidos para ayudar al mejoramiento de los

impactos ocasionados por la incorrecta disposición y generando conciencia ambiental en la población de niños y jóvenes del municipio (Alcaldía de Dibulla, 2018).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, de 40 UFC/100 mL de enterococos y con la presencia del hongo *Aspergillus*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

El tipo de suelo de las playas de la Guajira son arenas, lo que afecta la depuración natural de los microorganismos presentes en el medio por la turbiedad en el agua que impide que la radiación penetre en las capas superficiales de los cuerpos de agua costeros (Berrio, 2018).

Conforme a la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos de 0,0 (ver tabla 10), se identifica que la contaminación es de tipo animal (ver tabla 8), con aportes de aguas residuales por parte de los más de 30.000 habitantes de Dibulla (Alcaldía de Dibulla, 2016; Palazón, 2018). Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24.

Para el caso de los enterococos no se da cumplimiento de la normativa EPA-823-R-03-008, que establece un límite de 35 UFC/100 mL, por lo que la calidad sanitaria es regular con respecto a este indicador (ver figura 25). Para el caso de los hongos la calidad también es reducida reduce

ante la presencia de *Aspergillus* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio y producen alergias (Quan, 2012).

### 6.3.3 Palomino.

El corregimiento está ubicado a aproximadamente 70 km de Santa Marta, en la vía troncal que conduce a Riohacha, se encuentra en el municipio de Dibulla del departamento de la Guajira, localizado en las coordenadas 11°15'20,8"N y 73°33'22,9"W (Hernández, 2010).



**Figura 15.** Área de estudio en la playa de Palomino, La Guajira. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.3.3.1 Características generales de la zona.

Palomino se ha convertido en un gran atractivo turístico por su cercanía con el parque Tayrona y por estar en la vía que llega al cabo de la vela o Punta Gallinas en el departamento de La Guajira, esto ha permitido crear nuevas fuentes de ingreso para la comunidad, permitiendo un incremento en la construcción de hoteles y hostales que no cuentan con la infraestructura

adecuada para prestar servicios de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica (Cortés, 2016). El plan de ordenamiento territorial se encuentra desactualizado, por lo que ha facilitado el crecimiento de infraestructura para los servicios de turismo, mientras que las actividades agrícolas han tenido bajos ingresos (Cortés, 2016).

#### ***6.3.3.2 Características ambientales de la playa.***

La geología de la zona presenta rocas sedimentarias cuaternarias con depósitos sedimentarios aluviales de textura gruesa y medianamente finas, se localizan en áreas adyacentes al Río Palomino, las rocas Ígneas que se encuentran agrupadas en el complejo de Santa Marta se constituyen principalmente por cuarzo, las rocas metamórficas son granulitos que se ubican a diferentes alturas sobre el nivel del mar y afloran en el sur de Dibulla y Palomino (CORPOGUAJIRA, INVERMAR y MinAmbiente, 2009).

Existen áreas de mangle que alcanzan una extensión de 177.66 hectáreas, especialmente en la zona donde el Río desemboca en el mar a través de brazos y cauces en los que se establecen las formaciones de manglar en franjas entre los 5 y 20 m, lugares que buscan ser protegidos mediante acciones de recuperación, evitando su destrucción a causa de la tala de estos y la contaminación de las fuentes hídricas (CORPOGUAJIRA, INVERMAR y MinAmbiente, 2009).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, enterococos y con la presencia de la especie de hongo *Aspergillus*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

La procedencia de la contaminación es de tipo mixta (ver tabla 8), es decir, con aportes animales y humanos, puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 1,4 (ver tabla 10), estos valores no fueron alterados por escorrentías y/o precipitación debido a la toma de muestras en época seca (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Aspergillus* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio y generan alergias (Quan, 2012).

#### **6.3.4 Riohacha.**

El municipio de Riohacha se encuentra localizado en el Departamento de la Guajira, limita al norte con el mar caribe, al oriente con el municipio de Albania y el Río Ranchería, y occidente con el municipio de Dibulla, ubicado en las coordenadas 11°33'15,5"N y 72°54'32,1"W (Alcaldía de Dibulla, 2012).



**Figura 16.** Área de estudio en la playa de Riohacha, La Guajira. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### **6.3.4.1 Características generales de la zona.**

El municipio de Riohacha es conocido por ser multicultural y pluriétnico, en este se desarrollan actividades que permiten dar a conocer la cultura por medio de festivales y eventos públicos, en los cuales se crean oportunidades laborales para los indígenas Wayus, con productos como hamacas, chinchorros y tejidos de agujas para mochilas (Alcaldía de Riohacha, 2016; Contreras, Mendoza y Rojano, 2016). El principal factor negativo de este municipio corresponde al mal estado de las vías de acceso y su falta de mantenimiento (Alcaldía de Riohacha, 2016).

#### **6.3.4.2 Características ambientales de la playa.**

En Riohacha se identifican diversas especies silvestres amenazadas a nivel nacional, como Perehuetano, Cedro, Guayacán de bola y Ceiba tolua, todos con características maderables, cuya reducción se debe en parte a la intervención de la agricultura y la ganadería. Existe un complejo

de humedales costeros importantes para conservar la avifauna, se encuentra incluido el municipio, exactamente en la península occidental de la Guajira donde se localizan hábitats marinos, ciénagas y matorrales (Alcaldía de Dibulla, 2012).

La posición del municipio incide en el constante oleaje de las corrientes costeras del mar, ocasionando la erosión de las playas; se han presentado una variedad de cambios ambientales por las acciones antrópicas como la construcción de espolones, muelles, muros de contención, mal manejo de los residuos sólidos por disposición directa en el agua o la arena, ocasionando el deterioro de la calidad sanitaria de la playa (Márquez y Rosado, 2011). Otra actividad que se presenta es la explotación minera de materiales de construcción, con impactos negativos sobre el paisaje, la vegetación, el suelo y el agua a través del tiempo, la calidad del aire se ve de igual forma afectada por la emisión de material particulado liberado en la actividad industrial (Alcaldía de Dibulla, 2012).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración superior a 250 UFC/100 mL para los coliformes fecales y totales, un valor de 32 UFC/100 mL de enterococos y sin presencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

Al estar el suelo constituido por arena, genera desventajas en la depuración de la playa por parte de los rayos de luz que eliminan los microorganismos en las capas superficiales del agua, debido a la turbiedad provocada por la arena al interactuar con las olas, impidiendo el proceso (Berrio, 2018). La población de Riohacha, superior a los 200.000 habitante, ha incidido en el deterioro de la calidad de las aguas costeras de la zona, esto se evidencia mediante la relación de



Escherichia Coli/Enterococos que fue de 27,8 (ver tabla 10), revelando que la contaminación en la playa de Riohacha es de tipo humana (ver tabla 8), (Alcaldía de Riohacha, 2016; Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 25. No obstante, los coliformes superan los valores establecidos en la norma internacional y revelan una calidad mala para la playa (ver figura 24); para el caso de los hongos la calidad es buena ante la ausencia de dichas especies (ver figura 23).

## **6.4 Playas del departamento de Magdalena**

### **6.4.1 Buritaca.**

Buritaca se encuentra en el vértice norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, limita al este con la cuenca hidrográfica del Río Don Diego, al oeste con el Río Guachaca, al norte con el Mar Caribe y al Sur con el Río Frío; se localiza en las coordenadas 11°15'37,28"N y 73°46'22,66"W (CORPAMAG, 2016).



**Figura 17.** Área de estudio en la playa de Buritaca, Magdalena. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### ***6.4.1.1 Características generales de la zona.***

Con respecto a la cuenca del Río Buritaca, actualmente es el hogar de varias comunidades de tribus indígenas de la región, esta zona ha sido utilizada para la industria agrícola con el cultivo del banano, estos cultivos son parte de las exportaciones a otros países para su comercialización. Todos los recursos económicos de la población campesina se originan de los cultivos de parcelas, principalmente de yuca, plátano, maíz, sorgo, coco, ñame y árboles frutales (CIOH y DIMAR, 2009).

#### ***6.4.1.2 Características ambientales de la playa.***

En esta zona se encuentra una importante biodiversidad de especies, entre las que destacan los anfibios, diecinueve (19) especies de mamíferos y diferentes tipos de aves endémicas y amenazadas. La cuenca de Buritaca es considerada parte fundamental en la preservación de la

biodiversidad para la región y para el país (MinAmbiente, 2013). Todas las especies endémicas que se han estudiado como las *Cryptobatrachus boulengeri*, *Colostethus ruthveni* y *Pristimantis ruthveni*, presentan un grado de peligro porque su distribución se encuentra en un área menor a 5.000 km<sup>2</sup>, por el contrario las especies *Ikakogi tayrona* está categorizada como vulnerable, *Pristimantis tayrona* y *P. sanctamartae* se encuentran en la categoría de casi amenazadas; la preservación de estas especies es indispensable para garantizar la supervivencia de anfibios y demás animales (MinAmbiente, 2013).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, de 40 UFC/100 mL para enterococos y sin presencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

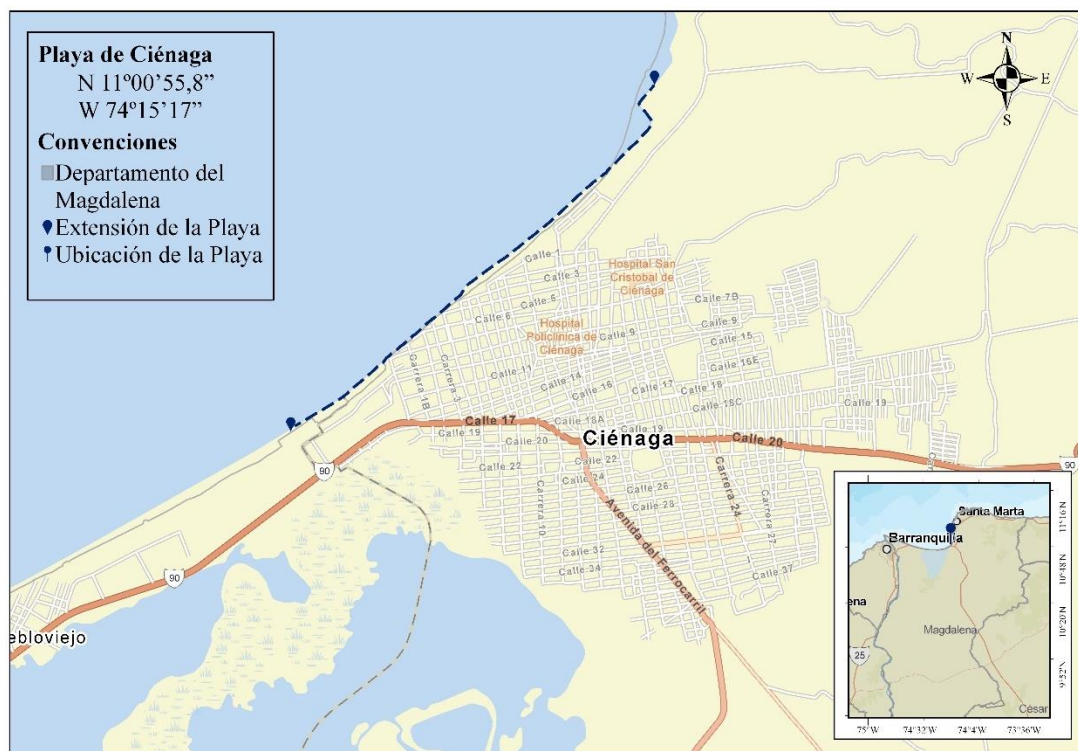
La interacción de la arena con el agua es el principal factor identificado que afecta el proceso de depuración natural de los microorganismos presentes en el medio, ante la turbiedad generada por el tipo de sedimento, lo que impide que la radiación ingrese en las capas superficiales de las aguas costeras, a su vez influye la población aledaña que participa en el incremento de los microorganismos por las aguas residuales (Ramos et al., 2008).

La playa de Buritaca recibe aportes de contaminación de tipo animal (ver tabla 8), debido a que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,0 (ver tabla 10), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación ya que las muestra fueron tomadas en época de sequía (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Con respecto a los enterococos, este parámetro no cumple con lo dispuesto en la normativa EPA-823-R-03-008 (ver tabla 11), ocasionando que la calidad de la playa sea regular (ver figura 25); para el caso de los hongos la calidad es buena debido a su ausencia (ver figura 23).

#### 6.4.2 Ciénaga.

El municipio de Ciénaga se encuentra sobre la troncal del Caribe a una distancia de 35 km de Santa Marta, con dos vías de acceso, la doble calzada y la carretera del sol, y se ubica en las coordenadas 11°00'55,8"N y 74°15'17"W (MinCIT, 2010).



*Figura 18.* Área de estudio en la playa de Ciénaga, Magdalena. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### ***6.4.2.1 Características generales de la zona.***

El atractivo turístico de la zona del casco urbano corresponde a las construcciones de gran importancia, como el parque centenario, el palacio municipal, la iglesia San Juan Bautista y el edificio de la logia masónica con estructura neoclásica de inicios del siglo XX (MinAmbiente, 2015). El municipio se destaca por la producción de banano, en cultivos que alcanzan las 1.967 hectáreas; existe un monumento de la libertad construido en honor a la masacre de las bananeras y tiene el cuarto puesto a nivel nacional con la mayor extensión cafetera. Las actividades del campo dan paso a las actividades artísticas con las artesanías elaboradas mediante la fibra de banano y totumos (MinAmbiente, 2015).

#### ***6.4.2.2 Características ambientales de la playa.***

Al estar en la zona norte del departamento del Magdalena, el municipio de Ciénaga está constituida por costas sobre el Mar Caribe, albergando una gran diversidad de flora y fauna por su cercanía con Santa Marta, la franja costera del mar caribe y el complejo lagunar de la Ciénaga Grande (Alcaldía de Ciénaga, 2012). El municipio presenta dos zonas topográficas, una montañosa en la Sierra Nevada y otra plana desde la Zona Bananera, además, la hidrografía del municipio tiene sus orígenes en la Sierra Nevada (Alcaldía de Ciénaga, 2012).

Entre los problemas ambientales identificados se encuentra la erosión de la costa, afectando los asentamientos ubicados a orillas del mar, los altos índices de tala de árboles, la disminución del caudal y la alta sedimentación de las cuencas Córdoba y Toribio, incluyendo las quemas y los botaderos de basura a cielo abierto (Alcaldía de Ciénaga, 2016).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica de los puntos de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración superior a 250 UFC/100 mL de coliformes fecales y menor a UFC/100 mL 20 de coliformes totales y enterococos, sin identificar la presencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

En relación con los casos anteriores, la arena afecta la correcta eliminación de bacterias debido a la turbulencia que se genera en el agua y por ende el difícil acceso de la luz solar indispensable para la eliminación de los microorganismos, considerando que las temperaturas son superiores a los 24°C y ofrece las condiciones necesarias para dicho proceso (Ramos et al., 2008).

La contaminación en la Ciénaga es mixta (animal y humana), (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,9 (ver tabla 10), (Palazón, 2018); la población aledaña a la playa es de aproximadamente 100.000 habitantes, la cual participa en el incremento de los microorganismos por los vertimientos directos de aguas residuales, a medida que la población se incrementa mayores serán los aportes (Alcaldía de Ciénaga, 2012).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales y enterococos cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en las figuras 25 y 26. Para el caso de los hongos la calidad es de igual forma buena ante la ausencia de dichas especies (ver figura 23).

### 6.4.3 Los Cocos.

La Playa los Cocos se encuentra ubicada en la red de playas de la ciudad de Santa Marta, entre las que se encuentran la Bahía, Playa Blanca, entre otras, esta se ubica al suroeste de la Bahía de Santa Marta en las coordenadas  $11^{\circ}14'19,4''\text{N}$  y  $74^{\circ}13'03,7''\text{W}$  (Alcaldía de Santa Marta, 2015; Ecopetrol, INVEMAR y SGC, 2009).



**Figura 19.** Área de estudio en la playa de Los Cocos y la Playa de Santa Marta, Magdalena. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### 6.4.3.1 Características generales de la zona.

Santa Marta se divide en zonas urbanas, una zona costera en el área urbana y zonas de corregimientos, esta cuenta con atractivos turísticos que son de gran interés por parte de turistas extranjeros y científicos internacionales; cuenta con diferentes parques naturales como la Sierra

Nevada y Tayrona, Parque Arqueológico de Ciudad Perdida - Teyuna y Santurio de Fauna y Flora de los Flamencos (Viloria, 2005).

El parque Tayrona ofrece a sus visitantes alojamientos ecológicos, amplias áreas para hacer camping, Arrecifes y Gaira. Los grandes atractivos histórico-culturales de Santa Marta son la Quinta de San Pedro Alejandrino, la catedral que es considerada la más antigua de Colombia, entre otros pequeños museos de gran interés como el Museo de Oro Tayrona, Bolivariano de Arte Contemporáneo y el proyecto de museo Etnográfico de la Universidad del Magdalena (Viloria, 2005).

#### ***6.4.3.2 Características ambientales de la playa.***

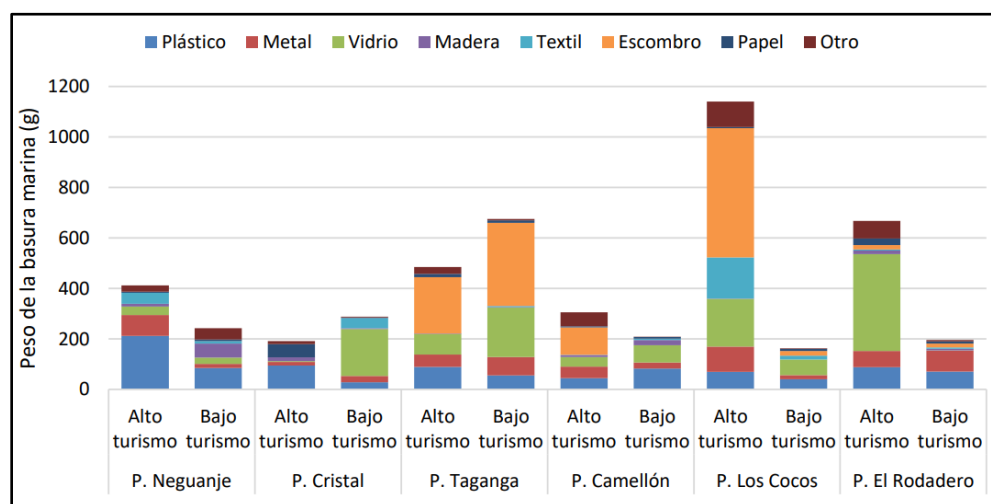
En la ciudad se encuentran las cuencas de los ríos Gaira, Manzanares, Piedras, Mendiguaca, Guachaca y Buritaca; la Sierra Nevada de Santa Marta es conocida como el macizo litoral más alto del mundo producto de la convergencia de las placas del caribe y Suramérica (Orjuela, 2018).

Las actividades de esparcimiento, recreación y los vendedores ambulantes, han generado impactos sobre las playas, en especial en el suelo y aire por el mal manejo de los residuos sólidos que se generan o llegan a esta zona (Orjuela, 2018). Estas actividades de turismo y el mal manejo de los residuos por parte de la comunidad, que son arrojados al río manzanares en su desembocadura, han provocado que se encuentren rastros de botellas, vidrios y bolsas de basuras, por lo que la playa los Cocos pasa a ser una de las playas de Cartagena receptora de gran cantidad de aguas contaminadas (Orjuela, 2018).

Entre el estudio realizado por CORPAMAG e INVEMAR en el año 2017, se observó que la playa Los Cocos, El Rodadero, Taganga, Neguanje, Camellón y Cristal presentan mayor cantidad de basuras marinas, registrando las mayores cantidades en las playas de Los Cocos,



Taganga y El Rodadero como se muestra en la figura 11, esto afecta la calidad sanitaria del agua en la playa (CORPAMAG e INVEMAR, 2018).



**Figura 20.** Peso de los tipos de basura marina registrada en las playas de Santa Marta, en las temporadas baja y alta de turismo. Adaptado de “Evaluación de las condiciones ambientales de la zona marino costera del departamento del Magdalena como herramienta para la gestión ambiental de CORPAMAG”, por CORPAMAG e INVEMAR, 2018.

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, con un valor de 37 UFC/100 mL de enterococos y sin presencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

La suspensión de arena en el agua de mar, producto del oleaje en la playa, es la que dificulta la depuración natural de los microorganismos presentes en el medio debido a la interferencia en la entrada de luz solar en las capas superficiales de las aguas costeras (Ramos et al., 2008). La contaminación identificada para esta playa es de tipo animal (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,1 (ver tabla 10), con el aporte de las aguas residuales

producto de las actividades humanas aledañas y la incidencia de los desechos sólidos (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Para el caso de los enterococos no se da cumplimiento a lo establecido por la norma EPA-823-R-03-008, exponiendo una calidad regular con respecto a este indicador (ver figura 25) y no se observa la presencia de hongos, presentando una calidad buena para este caso (ver figura 23).

#### **6.4.4 Playa de Santa Marta.**

Esta playa presenta condiciones similares a las señaladas en la playa de Los Cocos debido a su cercanía, localizada en las coordenadas 11°14'10,80"N y 74°13'11,31"W (ver figura 19).

##### ***6.4.4.2 Características ambientales de la playa.***

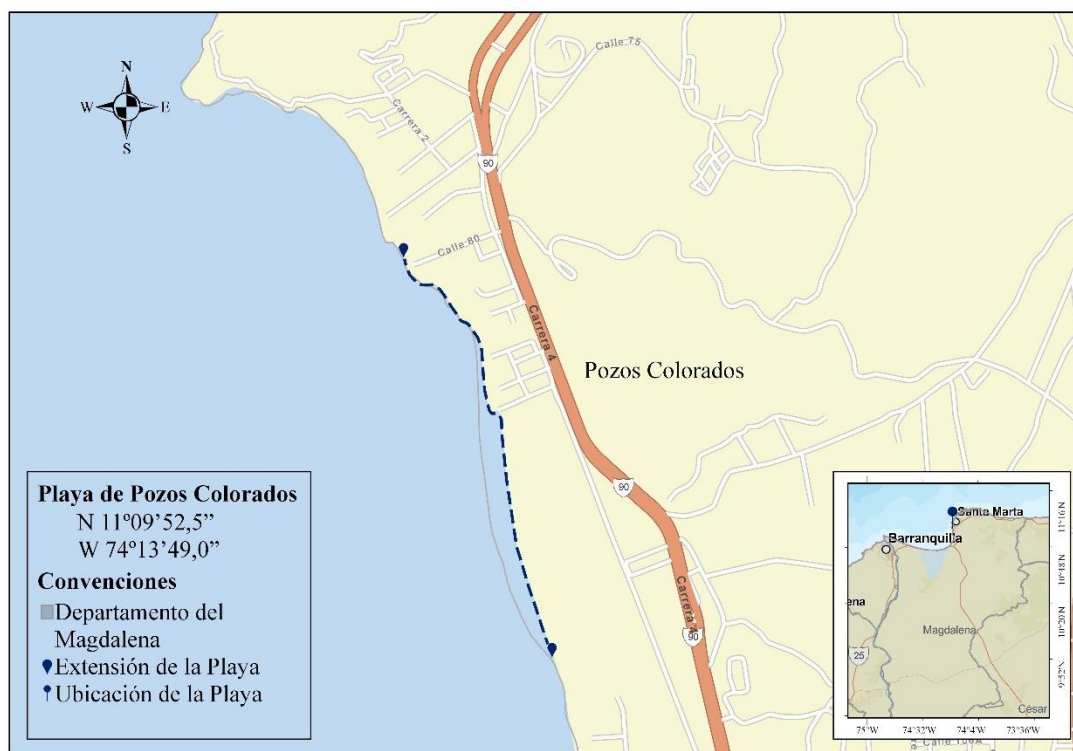
Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y superior a los 100 UFC/100 mL para los coliformes totales, reportando un valor de 40 UFC/100 mL de enterococos y con la presencia del hongo *Penicillium*, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

La contaminación en la zona es de tipo mixta (animal y humana), (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 1,1 (ver tabla 10), (Palazón, 2018). Según el DANE hay más de 500.000 habitantes en Santa Marta, que aportan al detrimento de la calidad de la playa por la generación de descargas en el Río Manzanares (2,1 m<sup>3</sup>/seg) y los vertimientos estacionales de aguas de escorrentía, lo anterior aunado a las obras civiles realizadas en la línea de la costa y a las actividades turísticas, incluyendo las descargas del emisario submarino (650 L/seg) y las actividades del puerto (Ramos et al., 2008).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Para el caso de los enterococos no se da cumplimiento a lo establecido por la norma EPA-823-R-03-008, exponiendo una calidad regular con respecto a este indicador (ver figura 25) y con respecto a los hongos la calidad se reduce ante la presencia de *Penicillium* (ver figura 23), al considerar que estos se relacionan con diferentes enfermedades que afectan el sistema respiratorio (Quan, 2012).

#### **6.4.5 Pozos Colorados.**

Pozos colorados se encuentra localizado en el suroeste de El Rodadero, presenta una extensión de 5 km y se ubica en las coordenadas 11°09'52,5"N y 74°13'49,0"W.



**Figura 21.** Área de estudio en la playa de Pozos Colorados, Magdalena. Adaptado de ArcGIS, 2019.

#### ***6.4.5.1 Características generales de la zona.***

En el área de Pozos Colorados han aumentado el número de construcciones, las cuales se han realizado sin el control adecuado de las autoridades competentes marítimas, policías, urbanísticas, corporaciones autónomas y autoridades ambientales encargadas de velar por el desarrollo sostenible y protección del ecosistema (Consuegra y Velásquez, 2017). El sector donde se sitúan gran parte de los hoteles se llama Plenomar, encontrándose los edificios Costa Brava, Teyuna y Estelar Santamar, de igual forma en Bello Horizonte, se encuentran cadenas hoteleras y lugares destinados para el uso recreativo (Cárdenas, 2017).

#### ***6.4.5.2 Características ambientales de la playa.***

En Pozos Colorados se evidencia zonas afectadas por la erosión, lo cual ha sido originado por las diferentes construcciones cercanas al mar y las actividades humanas, la principal

problemática ambiental se presenta por el excesivo uso turístico, no obstante, se realizan actividades de mantenimientos y relleno (Drummond Ltd. e INVEMAR, 2010). Las investigaciones que se han realizado en esta zona costera han demostrado que tiene un potencial turístico de nivel medio, lo que se debe al deterioro que ha experimentado el paisaje natural (Manjarres, 2016).

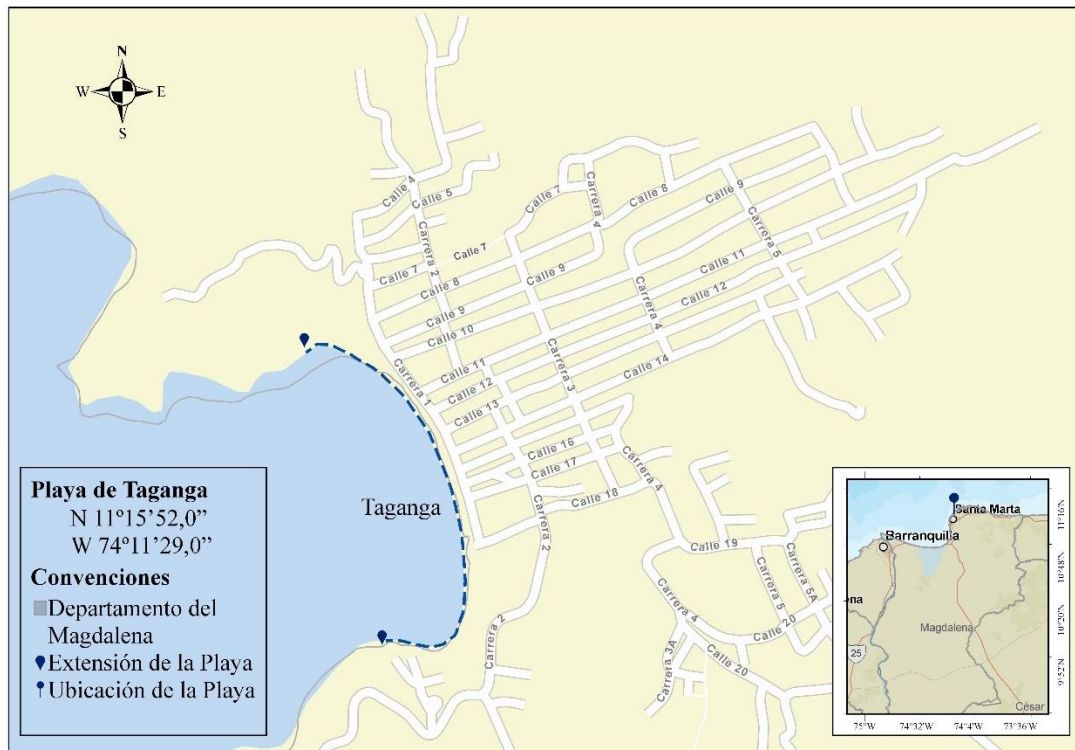
Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica del punto de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una concentración reducida de coliformes fecales y totales, un valor de 40 UFC/100 mL para enterococos y sin presencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

La procedencia de contaminación en esta playas es de tipo animal (ver tabla 8) debido a la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos que fue de 0,2 (ver tabla 10), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación considerando que las muestra fueron tomadas en época seca (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Para el caso de los enterococos no se da cumplimiento a lo establecido por la norma EPA-823-R-03-008, exponiendo una calidad regular con respecto a este indicador (ver figura 25) y no se observa la presencia de hongos lo que demuestra una calidad buena para este caso (ver figura 23).

#### 6.4.6 Taganga.

La playa de Taganga se ubica en el corregimiento de la ciudad de Santa Marta, en el norte del departamento de Magdalena, limita al norte con el mar Caribe desde el Cabo la Aguja siguiendo por la línea costera hasta la desembocadura de la Quebrada la Concha; limita al sur, con el perímetro urbano de Santa Marta; al oriente con el mar caribe, desde el cabo de la aguja hasta la playa Virgen (Figuroa, 2011). Se encuentra localizada en las coordenadas  $11^{\circ}15'52,0''\text{N}$  y  $74^{\circ}11'20,0''\text{W}$ .



**Figura 22.** Área de estudio en la playa de Taganga, Magdalena. Adaptado de ArcGIS, 2019.

##### 6.4.6.1 Características generales de la zona.

Este corregimiento se caracteriza por tener un gran potencial turístico y pesquero; entre las zonas características del lugar se encuentra un muelle pesquero abandonado y un acantilado, en la parte posterior se encuentra un conjunto de hoteles y restaurantes. Su malecón turístico, presta

los servicios de restaurante y de igual forma se realizan actividades de buceo por parte de los turistas (Iglesias, Johnson y Ritzel, 2008). La actividad económica principal es la pesca artesanal, sin embargo, el turismo se ha convertido en la mayor fuente de ingresos de la zona (Iglesias et al., 2008).

#### ***6.4.6.2 Características ambientales de la playa.***

Los cerros del corregimiento de Taganga se han visto afectados por el crecimiento urbanístico desmedido; de acuerdo con el estudio realizado sobre el turismo sostenible, se identificaron algunos impactos ambientales negativos como erosión en los cerros por construcción en lugares no permitidos e incluso deforestación en el área del Parque Natural Distrital Dumbira (Botero y Zielinski, 2010). Esto ha generado afectaciones en los ecosistemas y deslizamientos en temporadas de lluvias por carecer de vegetación que ayude a sostener el suelo, contaminación del agua y suelo por las aguas servidas y esorrentía (Figueroa, 2011)

La alta generación de residuos sólidos es otro de los problemas, se han implementado jornadas de recolección de residuos sólidos, sin embargo, no han tenido el impacto esperado para dar solución a esta situación; diferentes encuestas realizadas han reportado que el 75,5% de los turistas nacionales y el 78,8% de los turistas internacionales afirman que no hay disponibilidad de canecas, también mencionaron la visible contaminación por residuos sólidos en las calles del corregimiento (Botero y Zielinski, 2010). Desde la playa de Taganga se puede tener acceso a las demás playas que bordean la montaña, ya sea a pie o en lanchas, estas playas al igual que la de Taganga se han visto afectadas por problemas de contaminación (Iglesias et al., 2008).

Los resultados obtenidos sobre la calidad microbiológica de los puntos de muestreo de la playa se exponen en la tabla 11, por medio de los cuales se evidencia que esta zona presenta una

concentración reducida de coliformes fecales y totales, un valor de 40 UFC/100 mL de enterococos y la ausencia de hongos, estos datos dan información acerca de la calidad del agua de la playa al contemplar que las muestras fueron tomadas en temporada de sequía, permitiendo formular ciertas hipótesis sobre dichos resultados.

En esta playa se presenta contaminación de origen animal (ver tabla 8), puesto que la relación de *Escherichia Coli*/Enterococos fue de 0,4 (ver tabla 10), estos valores no fueron alterados por escorrentía y/o precipitación debido a que las muestra fueron tomadas en época de sequía (Palazón, 2018).

Las condiciones expuestas se ven reflejadas mediante la comparación de los resultados con la normativa internacional vigente (ver tabla 11), al identificar que los valores hallados para las especies de coliformes fecales cumplen con los límites máximos establecidos para las aguas de uso recreativo con contacto primario, presentando una calidad sanitaria buena que se evidencia en la figura 24. Para el caso de los enterococos no se da cumplimiento a lo establecido por la norma EPA-823-R-03-008, exponiendo una calidad regular con respecto a este indicador (ver figura 25) y no se observa la presencia de hongos lo que demuestra una calidad buena para este caso (ver figura 23).

### **6.5 Consolidado de los resultados obtenidos**

Al realizar un recuento sobre los resultados obtenidos, se observa que las playas con una mayor afectación en su calidad sanitaria corresponden a las ubicadas en Crespo, Punta Arena A y Riohacha, lo anterior se debe a que presentan un mayor grado de incumplimiento con respecto a las normativas internacionales vigentes utilizadas como referencia para los Coliformes Fecales y Enterococos (ver tabla 11), lo cual indica que el grado de contaminación del agua es mayor y



deben tomarse medidas de control que permitan reducir los valores de los indicadores microbiológicos.

Los resultados obtenidos en las playas ubicadas en Buritaca, Camarones, Dibulla, Los Cocos, Playa de Santa Marta, Pozos Colorados, Punta Arena B y Taganga, tienen un mayor grado de cumplimiento sobre la normativa (ver tabla 11), no obstante, es importante evaluar los focos de contaminación presentes para evitar el incremento en la concentración de los Enterococos.

Con respecto a las playas ubicadas en Arroyo de Piedra, Bocagrande, Ciénaga, Galerazamba, La Boquilla A, La Boquilla B, Manzanillo, Palomino, Puerto Colombia A, Puerto Colombia B y Santa Verónica, son las que reportan una calidad buena con relación a los parámetros de Coliformes Fecales y Enterococos (ver tabla 11), por lo cual se evidencia que las playas tienen una alta capacidad de depuración y es importante mantener una evaluación constante para que dichas condiciones se mantengan durante el paso del tiempo.

Por medio de la figura 23 es posible afirmar que la mayoría de las playas tiene presencia de hongos, los cuales se encuentran de la misma forma en los sedimentos, por lo que es indispensable monitorear el parámetro para establecer los posibles efectos adversos sobre la salud de los turistas que visitan estas zonas.

En la figura 24 se observa que casi todas las playas cumplen con respecto a la concentración de Coliformes Fecales y en la figura 25 se detalla de mejor forma que las playas de la ciudad de Santa Marta tienen una calidad regular por la presencia de Enterococos, lo que demanda un control oportuno sobre las fuentes de contaminación que fueron identificadas, tales como los vertimientos de aguas residuales y el exceso de residuos sólidos depositados en las playas.

#### **Tabla 10**

*Tipo de contaminación conforme a la relación Escherichia Coli/Enterococos en las playas evaluadas*

<b>Playa</b>	<b>Relación Escherichia Coli/Enterococos</b>	<b>Tipo de contaminación</b>
Arroyo De Piedra	1,4	Mixta
Bocagrande	4,4	Humana
Buritaca	0,0	Animal
Camarones	0,2	Animal
Ciénaga	0,9	Mixta
Crespo	0,0	Animal
Dibulla	0,0	Animal
Galerazamba	0,0	Animal
La Boquilla A	0,7	Animal
La Boquilla B	0,5	Animal
Los Cocos	0,1	Animal
Manzanillo	0,0	Animal
Palomino	1,0	Mixta
Playa de Santa Marta	1,1	Mixta
Pozos Colorados	0,2	Animal
Puerto Colombia A	1,0	Mixta
Puerto Colombia B	0,4	Animal
Punta Arena A	0,0	Animal
Punta Arena B	0,4	Animal
Riohacha	27,8	Humana
Santa Verónica	2,3	Mixta
Taganga	0,4	Animal

*Nota:* El tipo de contaminación se establece conforme al resultado obtenido entre la relación E. Coli/ Enterococos que se observa en la tabla 8.

## 7. Conclusiones

La investigación realizada en las diecinueve (19) playas del Caribe Norte Colombiano permite concluir que, a lo largo de la trayectoria del litoral algunas zonas costeras se han visto afectadas por las diferentes actividades antrópicas, debido a que la calidad sanitaria del agua de las zonas objeto de estudio varía según el tipo de playa, y su relación en la incidencia de los indicadores microbiológicos, coliformes fecales, coliformes totales, enterococos y hongos. Las playas que presentaron una mayor concentración de microorganismos fueron las ubicadas en Crespo, mayor a 100 UFC/100 mL de enterococos, Punta Arena A, mayor a 100 UFC/100 mL de enterococos, y Riohacha, mayor a 250 UFC/100 mL de coliformes fecales. Lo anterior está directamente relacionado con la contaminación por vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento ante la falta de un sistema de alcantarillado adecuado y la cercanía a un cuerpo de agua receptor, incluyendo la disposición inadecuada de los residuos sólidos en dichas zonas.

La calidad sanitaria obtenida para las playas anteriormente mencionadas es considerablemente deficiente para algunas zonas en el parámetro de hongo, por lo que se ve la necesidad de conocer y vigilar los focos de contaminación para reducirlos y evitar que las concentraciones de los microorganismos se incrementen, afectando la actividad turística en estas importantes zonas costeras. Las playas que superaron el rango de 35 UFC/100 mL para Enterococos, establecido por la norma EPA-823-R-03-008 de Estados Unidos, presentan un menor grado de contaminación por aguas de origen fecal o residuos en descomposición, evidenciándose una calidad regular en las playas ubicadas en el departamento de Magdalena.

Las principales especies de hongos identificadas en las diferentes playas analizadas, principalmente en los departamentos de Bolívar y Atlántico, fueron *Aspergillus*, *Cándida* y *Penicillium*, los cuales han sido ampliamente estudiados y se han relacionado con enfermedades

de alergias en la piel, infecciones y problemas respiratorios como el asma y la rinitis. La presencia de los hongos es un indicativo del control que debe tomarse sobre el uso de las playas y la salud de los turistas que tienen un contacto directo con el agua de mar, para reducir las posibilidades de contraer enfermedades que influyan en la disminución de la afluencia de visitantes.

## **8. Recomendaciones**

Mediante la investigación realizada y los resultados obtenidos, es indispensable realizar una serie de recomendaciones que permitan incrementar el conocimiento sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano. Se sugiere aumentar el número de muestras para garantizar que el análisis sea representativo y poder emitir un resultado en mayor detalle sobre la calidad del agua en las zonas costeras del Caribe, así mismo, se recomienda realizar la toma de muestras en diferentes épocas para conocer el comportamiento de los parámetros microbiológicos durante los cambios climáticos.

De igual forma se recomienda analizar otra serie de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, para relacionar los diferentes factores que inciden en la calidad sanitaria de las playas, incluyendo el estudio de la calidad de vida de las localidades aledañas a las zonas costeras para conocer el grado de afectación sobre la salud de las poblaciones vulnerables ante el incremento de la contaminación.

Para ampliar el campo de investigación sobre la calidad de las playas, se recomienda realizar una investigación que involucre la identificación de los focos de contaminación por deposición de residuos sólidos o vertimientos de aguas residuales sin tratamiento, con el fin de proponer estrategias que logren controlar las actividades que perjudican la calidad sanitaria del agua y reducen su uso recreativo ante la alerta de contraer enfermedades por contacto directo.

## 9. Referencias

- Acevedo, R. (2017). Diagnóstico preeliminar ambiental de playas de Cartagena de Indias, Caribe colombiano. *Teknos Revista Científica*, 17(1), 38-46. Recuperado de <https://revistas-tecnologicocomfenalco.info/index.php/teknos/article/view/891/pdf>
- Acosta, I. C. (2014). *Caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena de Indias* (tesis de maestría). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/4191/1/TESISENTREGADAFINAL.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental (EPA). (2003). *Bacterial water quality standards for recreational waters (freshwater and marine waters). Status report*. Recuperado de <https://permanent.access.gpo.gov/lps67028/statrept.pdf>
- Alcaldía de Ciénaga. (2012). *Plan de desarrollo municipal 2012-2010*. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/cienagamagdalenapd20122015.pdf>
- Alcaldía de Dibulla. (2012). *Plan de Desarrollo 2012-2015*. Recuperado de [https://dibullalaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/dibullalaguajira/content/files/000021/1036\\_plan-de-desarrollo-de-dibulla-2016--2019.pdf](https://dibullalaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/dibullalaguajira/content/files/000021/1036_plan-de-desarrollo-de-dibulla-2016--2019.pdf)
- Alcaldía de Dibulla. (2016). *Acuerdo No. 011 de 2016. Por medio del cual se adopta el Plan de Desarrollo para el Municipio de Dibulla - La Guajira, 2016-2019*. Recuperado de [https://dibullalaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/dibullalaguajira/content/files/000021/1036\\_plan-de-desarrollo-de-dibulla-2016--2019.pdf](https://dibullalaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/dibullalaguajira/content/files/000021/1036_plan-de-desarrollo-de-dibulla-2016--2019.pdf)

Alcaldía de Dibulla. (2018). *Informe de implementación de programas, proyectos y cumplimientos de metas del PGIRS, en el municipio de Dibulla, La Guajira, para la vigencia del año 2017*. Recuperado de [http://dibullalaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/dibullalaguajira/content/files/000085/4222\\_informe-de-cumplimiento-de-metas-10.pdf](http://dibullalaguajira.micolombiadigital.gov.co/sites/dibullalaguajira/content/files/000085/4222_informe-de-cumplimiento-de-metas-10.pdf)

Alcaldía de Puerto Colombia. (2012). *Plan de desarrollo 2012-2015*. Recuperado de <http://www.puertocolombia-atlantico.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Presentacion.aspx>

Alcaldía de Puerto Colombia. (2017). *Ecología*. Recuperado de <http://puertocolombia-atlantico.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Ecologia.aspx>

Alcaldía de Riohacha. (2001). *Plan de ordenamiento territorial del municipio de Riohacha, Guajira*. Recuperado de [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20riohacha%20-%20la%20guajira%20-%20percepci%C3%B3n%20del%20colectivo%20social%20\(38%20pag%20-%20468%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20riohacha%20-%20la%20guajira%20-%20percepci%C3%B3n%20del%20colectivo%20social%20(38%20pag%20-%20468%20kb).pdf)

Alcaldía de Riohacha. (2016). *Proyecto de Acuerdo: 006 de 2016. Riohacha Incluyente y Sostenible 2016-2019*. Recuperado de <http://www.riohachalaguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PLAN%20DE%20DESARROLLO%202016-2019%20RIOHACHA%20INCLUYENTE%20Y%20SOSTENIBLE.pdf>

Alcaldía de Santa Marta. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial Santa Marta*. Recuperado de [http://www.santamarta.gov.co/sites/default/files/proyectoacuerdo\\_potsm\\_version2017.pdf](http://www.santamarta.gov.co/sites/default/files/proyectoacuerdo_potsm_version2017.pdf)

Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (20 de noviembre de 2001). Decreto No. 0977 de 2001. Recuperado de <http://sigob.cartagena.gov.co/Cartagena/secplaneacion/Documentos/pages/pot2001/pot2001.aspx>

Aragonés, L., Foti, D., Gilart, V., López, I., Marcos, D. y Palazón, A. (2019). New ICT-based index for beach quality management. *Science of The Total Environment*, 684, 221-228. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.346

Ariza, E., Hernández, L., Pérez, E. y Peña, C. (2018). Exploring multi-dimensional recreational quality of beach socio-ecological systems in the Canary Islands (Spain). *Tourism Management*, 64, 303-313. doi: 10.1016/j.tourman.2017.09.008

Arrieta, A. (2013). Lineamientos para el ordenamiento turístico territorial de los municipios costeros del departamento del Atlántico. *Arte & Diseño*, 11(1), 17-37. doi: 10.15665/ad.v11i1.258

Arrieta, A. (2014). *Gestión turística del territorio de la zona norte del departamento del Atlántico*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11619/1929>

Baird, R. B., Eaton, A. D. y Rice, E. W. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition*. Washington D.C., Estados Unidos: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. ISBN: 9780875532875.



Baptista, M., Fernández, C. y Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*.

Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Barrios, F. y Carrillo, S. (2014). *Identificación de las oportunidades empresariales, culturales y ambientales para lograr el desarrollo turístico sostenible en Manzanillo del Mar* (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/2539>

Berrio, Y. M. (2018). *Evaluación morfodinámica con esquemas de protección costera en las playas de Riohacha, La Guajira* (tesis de maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Recuperado de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8206/133149.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Boehm, A., Gold, M., Searcy, R. y Taggart, M. (2018). Implementation of an automated beach water quality nowcast system at ten California oceanic beaches. *Journal of Environmental Management*, 223, 633-643. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.06.058

Botero, C. M. (2014). Gestión ambiental y limpieza de playas urbanas en Colombia. *Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, (236), 38-50. Recuperado de <http://www.acodal.org.co/acodal-pdf/revista/Revista-Acodal-236.pdf>

Botero, C. y Zielinski, S. (2010). Evaluación del potencial para el desarrollo de turismo sostenible en el corregimiento de Taganga, distrito de Santa Marta (Colombia). *Turismo y Sociedad*, 11, 10-34. Recuperado de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/tursoc/article/view/2825>

- Buitrago, A. (2006). Rodeados por las murallas. Conflictos por el territorio en La Boquilla, Cartagena. *Memorias*, (5), 1-24. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2047588>
- Cámara de Comercio de Cartagena. (2019). *Informe económico de los municipios de la jurisdicción de la Cámara de Comercio de Cartagena 2018*. Recuperado de [http://cccartagena.org.co/sites/default/files/publicaciones/informe\\_economico\\_jurisdiccion\\_2018\\_final\\_finalvp\\_1.pdf](http://cccartagena.org.co/sites/default/files/publicaciones/informe_economico_jurisdiccion_2018_final_finalvp_1.pdf)
- Cárdenas, H. (2017). *Corredor turístico del Sur “Pozos Colorados”*. Recuperado de <http://www.elinformador.com.co/guia/index.php/hoteles/136-santa-marta/sitios-turisticos/350-corredor-turistico-del-sur-pozos-colorados>
- Castañón, L. R. (2016). *Candidiasis o candidosis*. Recuperado de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/candidosis.html>
- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) y Dirección General Marítima (DIMAR). (2009). *Caracterización Físico-Biótica del Litoral Caribe Colombiano. Tomo I*. Recuperado de <https://www.oceandocs.org/handle/1834/14669>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). *Estadísticas del agua en México, 2018*. Recuperado de [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2018.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf)
- Congreso de la República. (26 de julio de 1996). Ley No. 300 de 1996. Recuperado de [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=8634](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=8634)

Consejo Gremial de Bolívar. (2018). *Protección costera*. Recuperado de

[http://consejogremialbolivar.com/documentos/Proteccion\\_Costera.pdf](http://consejogremialbolivar.com/documentos/Proteccion_Costera.pdf)

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (29 de noviembre de 2000). Resolución

CONAMA No. 274 de 2000. Recuperado de

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>

Consuegra, M. A. y Velásquez, C. J. (2017). Conflictos frente al control urbanístico de las

playas: el caso de Pozos Colorados. *Bitácora Urbano Territorial*, 27(3), 71-79. doi:

10.15446/bitacora.v27n3.54001

Contin, A., Greggio, N., Newton, A. y Semeoshenkova, V. (2017). Development and application

of an Integrated Beach Quality Index (BQI). *Ocean & Coastal Management*, 143, 74-86.

doi: 10.1016/j.ocecoaman.2016.08.013

Contreras, M. M., Mendoza, D. L. y Rojano, Y. N. (2016). Prácticas del mercado artesanal de la

etnia wayú en Riohacha (La Guajira, Colombia) estudio etnográfico. *Pensamiento y*

*Gestión*, (41), 262-288. Recuperado de

<http://www.scielo.org.co/pdf/pege/n41/n41a11.pdf>

Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA), Instituto de

Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR) y

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2009). *Ordenamiento*

*ambiental de los manglares de la alta, media y baja Guajira (Caribe Colombiano)*.

Recuperado de

[http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/9312ORDENAMIENTO\\_MANGL](http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/9312ORDENAMIENTO_MANGL)

[ARES\\_GUAJIRA\\_LIBRO.pdf](http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/9312ORDENAMIENTO_MANGLARES_GUAJIRA_LIBRO.pdf)

Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" (INVEMAR). (2007). *Ordenamiento ambiental de la zona costera del departamento del Atlántico*. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-04/other/mcbem-2014-04-co-3-en.pdf>

Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG) e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andréis" (INVEMAR). (2018). *Evaluación de las condiciones ambientales de la zona marino costera del departamento del Magdalena como herramienta para la gestión ambiental de CORPAMAG*. Recuperado de [http://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/ITF\\_Convenio+CORPAMAG+211-2017.pdf/76e0a25b-f10b-4efd-8f57-e2779099d9ee](http://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/ITF_Convenio+CORPAMAG+211-2017.pdf/76e0a25b-f10b-4efd-8f57-e2779099d9ee)

Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG). (2016). *Estudio base para la reglamentación de corrientes de los Ríos Buritaca, Gaira, Toribio, Córdoba, Orihueca y Sevilla, a partir de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico*. Recuperado de [https://www.corpamag.gov.co/archivos/POMCAS/Est\\_Base\\_Reglamentacion\\_Corrientes.pdf](https://www.corpamag.gov.co/archivos/POMCAS/Est_Base_Reglamentacion_Corrientes.pdf)

Corte Constitucional. (2016). *Constitución política de Colombia 1991*. Recuperado de <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>

Cortes, F., Del Valle, D. y Sánchez, G. (2014). *Boulevard playa y mar: propuesta de integración productiva de alto nivel para la comunidad en desarrollo de la Boquilla* (tesis de

- pregrado). Universidad de San Buenaventura, Cartagena de Indias, Colombia.  
Recuperado de <https://www.bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/2807>
- Cortés, J. A. (2016). *Gestión activa para el turismo rural en el corregimiento Palomino, Municipio de Dibulla-Guajira* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/54786/1/jesusalbertocortesleal.2016.pdf>
- Costa, L., Silva, M., Suciú, M., Tavares, D. y Zalmon, I. (2017). Evaluation of environmental quality of sandy beaches in southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 119(2), 133-142. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.04.045
- Covarrubias, R., Gutiérrez, C., Lizarraga, R., López, A., Pérez, R. y Silva, L. (2007). La gestión integral en playas turísticas: herramientas para la competitividad. *Gaceta Ecológica*, 82, 77-83. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908207>
- De Bedout, C. y Gómez, B. (2010). Candida y candidiasis invasora: un reto continuo para su diagnóstico temprano. *Infectio*, 14(52), S159-S171. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v14s2/v14s2a08.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2017). *Optimización de las redes de acueducto del corregimiento de camarones, del distrito de Riohacha*. Recuperado de <http://www.riohacha-laguajira.gov.co/Proyectos/Documents/optimizacion-redes-de-camarones-.pdf>
- Departamento para la Prosperidad Social (DPS). (2010). *El Patrimonio Agroalimentario de Dibulla*. Recuperado de

[http://www.bioculturaldiversityandterritory.org/documenti/198\\_300000176\\_cuaderno\\_de\\_l\\_patrimonio\\_agroalimentario\\_dibulla.pdf](http://www.bioculturaldiversityandterritory.org/documenti/198_300000176_cuaderno_de_l_patrimonio_agroalimentario_dibulla.pdf)

Díaz, B. H. y Yonoff, M. A. (2018). Ordenamiento turístico para siete (7) playas del Departamento del Atlántico. *Revista de Turismo, Patrimonio y Desarrollo*, (8), 1-19. Recuperado de <http://turpade.com/f/FG51.pdf>

Díaz, M., Rodríguez, C. y Zhurbenko, R. (2014). Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 48(2), 147-161. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v48n2/hie06210.pdf>

Donahue, A., Feng, Z., Kelly, E., Kumar, N., Gidley, M., Reniers, A., ..., Solo, H. (2018). Effect of beach management policies on recreational water quality. *Journal of Environmental Management*, 212, 266-277. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.02.012

Drummond Ltd. e Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR). (2010). *Análisis mineralógico de sedimentos en zonas de playa entre Costa Verde y la bahía de Taganga (departamento del Magdalena)*. Recuperado de <http://www.drummondLtd.com/wp-content/uploads/ITF-DRUM-IV-playas-2010.pdf>

Ecopetrol, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR) y Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2009). *Evolución geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta y sus cuencas adyacentes*. Recuperado de <http://recordcenter.sgc.gov.co/B12/23008002524327/documento/Pdf/2105243271101000.pdf>

- Enríquez, G. (2003). Criterios para evaluar la aptitud recreativa de las playas en México: una propuesta metodológica. *Gaceta Ecológica*, 68, 55-68. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906806>
- Figuerola, Y. M. (2011). *Caracterización del turismo en el corregimiento Taganga, Santa Marta D.T.C.H.: Un análisis desde la perspectiva de la sostenibilidad* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, San Andrés, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49061/1/caracterizaciondelturismoenelcorregimientotaganga,santamartad.t.c.h.un%20an%C3%A1lisisdesdelaperspectivadelasostenibilidad.pdf>
- Gallardo, G. (2013). Evaluación del potencial turístico de las playas del departamento del Atlántico - Colombia, desde la perspectiva ambiental. *Revista Dimensión Empresarial*, 11(2), 62-69. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/diem/v11n2/v11n2a07.pdf>
- García, G. (2017). *Evaluación integral y estrategia de manejo de las playas recreativas de Guaymas y Empalme, Sonora, México* (tesis doctoral). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Baja California Sur, México. Recuperado de [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/427/1/garcia\\_g.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/427/1/garcia_g.pdf)
- Gobernación del Atlántico. (2012). *Plan de Desarrollo 2012 - 2015*. Recuperado de [http://www.atlantico.gov.co/images/stories/plan\\_desarrollo/plan\\_desarrollo\\_2012-2015.pdf](http://www.atlantico.gov.co/images/stories/plan_desarrollo/plan_desarrollo_2012-2015.pdf)
- González, S. y Holtmann, G. (2017). Quality of tourist beaches of northern Chile: A first approach for ecosystem-based management. *Ocean & Coastal Management*, 137, 154-164. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2016.12.022

- Guerra, L. A. y Mancera, J. E. (2015). Evaluación de amenazas antropogénicas en ecosistemas de playa en San Andrés, una isla pequeña del Caribe Suroccidental. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 44(1), 33-55. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v44n1/v44n1a02.pdf>
- Guerrero, M. Y. (2017). *Clasificación morfológica e hidrodinámica de las playas del caribe colombiano* (tesis de maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Recuperado de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7944/131551.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerrero, P. E. y Ramos, J. R. (2014). *Introducción al turismo*. Recuperado de <https://editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384130.pdf>
- Hernández, C. (2010). *Medio ambiente saludable y vivienda digna en el corregimiento de Palomino, departamento de La Guajira, Colombia*. Recuperado de <https://www.javeriana.edu.co/documents/15838/916120/2010+-+Proyecto+PEI+Palomino+Sierra+Nevada.pdf/24948a02-4803-4f9d-8660-25ecabf9d6df>
- Heydrich, M., Larrea, J., Rojas, M., Rojas, N. y Romeu, B. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. Recuperado de <https://revista.cnice.edu.cu/revistaCB/sites/default/files/articulos/CB%2011-12.pdf>
- Iglesias, L., Johnson, V. y Ritzel, E. (2008). *Estrategias de comercialización turística internacional de las playas de El Rodadero, Taganga y Bahía Concha* (tesis de Maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Recuperado de



<http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/176/45517341.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Índice de Calidad Ambiental en Playas Turísticas (ICAPTU). (2018). *Indicador de Calidad Ambiental Sanitaria (ICAS)*. Recuperado de <https://icaptu.info/public/indicador/6>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *Norma Técnica Sectorial Colombiana NTS-TS 001-2 (Segunda actualización)*. Recuperado de [http://www.citur.gov.co/upload/publications/documentos/124.NTS\\_\\_TS\\_001\\_2.pdf](http://www.citur.gov.co/upload/publications/documentos/124.NTS__TS_001_2.pdf)

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2008). *Norma Técnica Colombiana NTC 4772 (Primera actualización)*. Recuperado de [https://www.academia.edu/16663107/NTC4772\\_filtracion\\_por\\_membrana](https://www.academia.edu/16663107/NTC4772_filtracion_por_membrana)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). *Protocolo de monitoreo del agua*. Recuperado de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO\\_MONITOREO\\_AGUA\\_IDEAM.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023773/PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2007). *Determinación de Escherichia Coli y Coliformes Totales en agua por el método de filtración por membrana en Agar Chromocult*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR). (2002). *Informe de actividades 2002*. Recuperado de <http://www.invemar.org.co/inf-actividades>

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR).

(2019). *Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos*. Recuperado de

[http://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/Informe+REDCAM\\_2018.pdf/49465eac-e85c-4193-bac3-b8382a6b9b05](http://www.invemar.org.co/documents/10182/43044/Informe+REDCAM_2018.pdf/49465eac-e85c-4193-bac3-b8382a6b9b05)

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés" (INVEMAR).

(2006). *Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005*. Recuperado de <http://www.invemar.org.co/inf-actividades>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2017). *Penicillium spp.*

Recuperado de

<https://www.insst.es/documents/94886/353749/Penicillum+spp+2017.pdf/57121544-9157-4bbe-a6eb-b394c83bf9e1>

López, I. (2016). *Clasificación morfológica de las playas y modelado del perfil transversal en Valencia, Alicante y Murcia* (tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, España.

Recuperado de [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/58897/1/tesis\\_lopez\\_ubeda.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/58897/1/tesis_lopez_ubeda.pdf)

Lutgens, F. y Tarbuck, E. (2005). Capítulo 20 - Líneas de costa. En F. Lutgens y E. Tarbuck

(Eds.), *Ciencias de la Tierra, Una introducción a la geología física* (pp. 559-588).

Madrid, España: Pearson Educación S. A.

Manjarres, C. P. (2016). Evaluación del potencial turístico de playas del departamento del magdalena desde un enfoque de gestión integrada. *Magazine Costero*, (17), 7-8.

Recuperado de <http://www.playascorp.com/gallery/201604-magazin-playascorp-17.pdf>

- Márquez, A. R., Mondragón, V. A. y Tovar, S. R. (2017). Calidad del agua de mar y su conocimiento por turistas nacionales: el caso de tres municipios costeros del estado de Nayarit, México. *El Peripio Sustentable*, (33), 330-362. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eps/n33/1870-9036-eps-33-330.pdf>
- Márquez, E. y Rosado, J. (2011). Clasificación e impacto ambiental de los residuos sólidos generados en las playas del municipio de Riohacha, La Guajira Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (60), 118-128. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43021583011>
- Mayorga, L. K. y Sánchez, L. M. (2014). *Muelle turístico de Bocagrande - Cartagena de Indias* (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002275.pdf>
- Méndez, L. J. (2015). *Aspergilosis*. Recuperado de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/micologia/aspergilosis.html>
- Mendoza, H. K. (2012). *Análisis del Programa Playas Limpias, desde el marco de la gestión integral costera: El caso de Playas de Tijuana, B.C.* (tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México. Recuperado de <https://www.colef.mx/posgrado/tesis/2010917/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (11 de septiembre de 2015). Real Decreto 817/2015. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/09/11/817/dof/spa/pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2014). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Decreto Ley No.*

2811 de 1974. Recuperado de <https://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2013). *Biodiversidad de la cuenca del río Buritaca, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia*. Recuperado de <http://selva.org.co/wp-content/uploads/2013/02/Biodiversidad-de-la-cuenca-del-r%C3%ADo-Buritaca-Informe-Final.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2016). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Magdalena 2040*. Recuperado de [http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion\\_\\_al\\_territorio/Magdalena\\_pag\\_ind.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion__al_territorio/Magdalena_pag_ind.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (25 de octubre de 2010). Decreto No. 3930 de 2010. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620#>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (25 de octubre de 2010). Decreto 3930 de 2010. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (26 de mayo de 2015). Decreto No. 1076 de 2015. Recuperado de [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=78153](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=78153)

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2010). *Guía Turística Atlántico Colombia*. Recuperado de

<http://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=025828f9-eb9e-4516-9a99-68bea6a5ffcb>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2010). *Guía Turística Bolívar Colombia*. Recuperado de <https://www.colombia.com/turismo/images/bolivar.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2010). *Guía Turística La Guajira Colombia*. Recuperado de <http://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=d59284c6-af22-4a03-9996-b94d616e050c>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2010). *Guía Turística Magdalena Colombia*. Recuperado de <https://www.colombia.com/turismo/images/magdalena.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2011). *Documento de política de playas turísticas: Lineamientos sectoriales*. Recuperado de [http://observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/politica-playas-turisticas-\(1\).pdf](http://observatorioirsb.org/cmsAdmin/uploads/politica-playas-turisticas-(1).pdf)

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT). (2012). *Investigación internacional de mercados para la Región de América*. Recuperado de [https://www.fontur.com.co/aym\\_document/aym\\_estudios\\_fontur/INVESTIGACION\\_INTERNACIONAL\\_DE\\_MERCADOS\\_PARA\\_LA\\_REGION\\_DE\\_AMERICA.PDF](https://www.fontur.com.co/aym_document/aym_estudios_fontur/INVESTIGACION_INTERNACIONAL_DE_MERCADOS_PARA_LA_REGION_DE_AMERICA.PDF)

Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social (MSCBS). (2017). *Calidad de las aguas de baño en España, 2016*. Recuperado de [http://www.msbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/docs/Inf\\_Calidad\\_AB\\_2016\\_Def.pdf](http://www.msbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/aguasBanno/docs/Inf_Calidad_AB_2016_Def.pdf)

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). (9 de mayo de 1979). Decreto No. 253 de 1979. Recuperado de <http://stp-la.fq.edu.uy/sites/gestion.fq.edu.uy/files/D253-979.pdf>

Newton, A. y Semeoshenkova, V. (2015). Overview of erosion and beach quality issues in three Southern European countries: Portugal, Spain and Italy. *Ocean & Coastal Management*, 118, 12-21. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.08.013

Núñez, G. A. (2015). *Integración de la actividad turística y paisaje en el borde de Punta Arena - Tierra Bomba* (tesis de pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00002113.pdf>

Olivares, G. y Rincón, C. (2005). *Valoración económica de las playas de Bocagrande, Castillogrande y el Laguito en Cartagena de Indias: Aplicación del método de costos de viaje* (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/2530>

Orjuela, A. V. (2018). *Desarrollo de estrategias ambientales y sanitarias para el manejo de residuos sólidos en unidades de paisaje tipo playa. Caso de estudios Los Cocos, Santa Marta* (tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Recuperado de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/29330/41121164\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/29330/41121164_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Palazón, A. V. (2018). *Índices para la gestión de playas* (tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, España. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/86387>

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (15 de febrero de 2006). Directiva

2006/7/CE de 2006. Recuperado de [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=EN)

[content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=EN)

Pereira, C. (Ed.). (2015). *Calidad Ambiental en Playas Turísticas - Aportes desde el Caribe*

*Norte Colombiano*. Recuperado de

<https://tecnologicocomfenalco.edu.co/sites/default/files/investigacion/publicaciones/Libro>

[%20Calidad%20Ambiental%20en%20Playas%20Tur%C3%ADsticas.pdf](https://tecnologicocomfenalco.edu.co/sites/default/files/investigacion/publicaciones/Libro)

Posada, B. O. y Rangel N. G. (2005). Geomorfología y procesos erosivos en la costa norte del

departamento de Córdoba, Caribe Colombiano (sector Paso Nuevo-Cristo Rey). *Boletín*

*de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 34(1), 101-119. Recuperado de

<http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v34n1/v34n1a05.pdf>

Quan, J. A. (2012). *Caracterización de cepas fúngicas aisladas del aire interior y exterior de los*

*laboratorios: LAMIR (Laboratorio Microbiológico de Referencia), LAFYM (Laboratorio*

*de Análisis Físicoquímico y Microbiológico) y AMSA (Autoridad en el Manejo*

*Sustentable del Lago de Amatitlán)*, (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de

Guatemala, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3332.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3332.pdf)

Ramos, L., Saavedra, L., Vidal, L. y Vilardy, S. (2008). Análisis de la contaminación

microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe

Colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 87-98. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028004007>

Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS). (2019). *Calidad del Agua en las Américas: Riesgos y Oportunidades*. Recuperado de <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>

República de Colombia. (22 de diciembre de 1993). Ley No. 99 de 1993. Recuperado de [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=297](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=297)

Ricardo, L. y Venecia, Y. (2011). *Estudio y evaluación del recurso eólico en Colombia para su aprovechamiento como fuente de energía eléctrica. Caso de estudio: Galerazamba (Bolívar)*, (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/57/1/ESTUDIO%20Y%20EVALUACION%20DEL%20RECURSO%20EOLICO%20EN%20COLOMBIA%20PARA%20SU%20APROVECHAMIENTO%20COMO%20FUENTE%20DE%20ENERGIA.pdf>

Robert, M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45(1), 32-43. Recuperado de <https://revista.cnice.edu.cu/revistaCB/sites/default/files/articulos/CB-2014-1-032-043.pdf>

Secretaría del Ambiente (SEAM). (22 de abril de 2002). Resolución No. 222 de 2002. Recuperado de [http://seam.gov.py/sites/default/files/resolucion\\_222\\_02.pdf](http://seam.gov.py/sites/default/files/resolucion_222_02.pdf)

Vargas, F. (2018). Estado del arte de los esquemas de certificación de playas en Iberoamérica. *Revista Turpade*, 5(7), 1-18. Recuperado de <http://turpade.com/f/FG47.pdf>



Viloria, J. (2005). *Sierra Nevada de Santa Marta: Economía de sus recursos naturales*.

Recuperado de [http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/DTSER-61-](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-61-)

VE.pdf

Yepes, A. (2004). Calidad microbiológica y físico-química del agua para usos recreativos en las playas de Bocagrande y Marbella, en Cartagena de Indias, Colombia. *Revista Científica*, (8), 67-84. doi: 10.14483/23448350.337

## Anexos

En la presente sección se exponen los anexos mencionados en el documento.

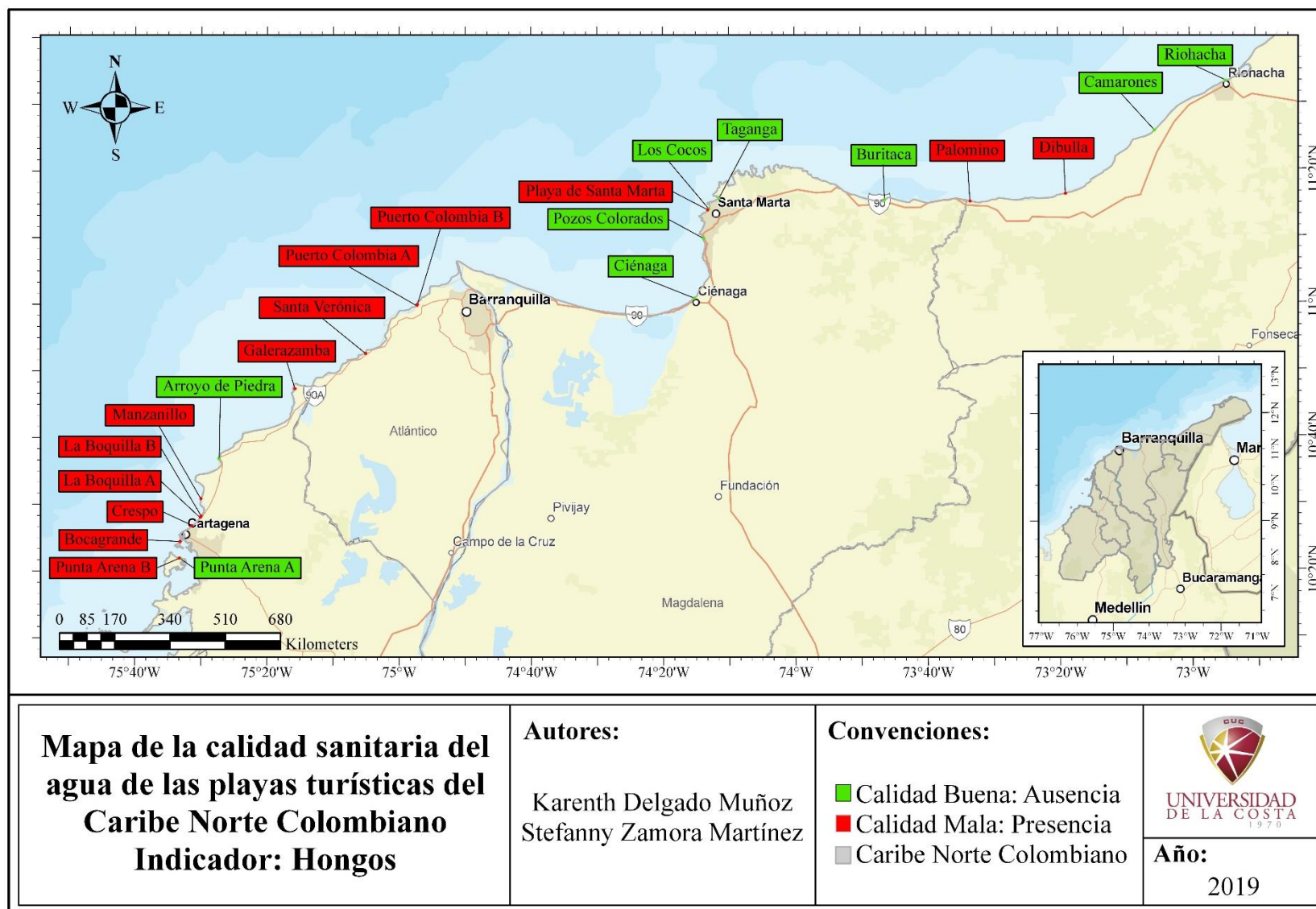
**Tabla 11**

*Resultados obtenidos durante los análisis realizados y comparación con la normativa internacional vigente*

Muestra			Comparación Norma Internacional						Comparación Norma Internacional para		
No.			C. Totales (UFC/ 100 mL)	C. Fecales (UFC/ 100 mL)	para C. Fecales (UFC/100 mL)			Enterococos (UFC/100 mL)	Enterococos (UFC/100 mL)		
Playa	Hongos	Decreto			Resolución	Resolución	Resolución		EPA-823- R-03-008 (35)	Directiva 2006/7/CE de 2006 (100)	
		No. 253 de			No. 274 de	No. 222 de					
		1979			2000	2002					
1	2										
					(1000)	(250)	(250)		(50)		
Arroyo de Piedra	X	Ausencia	72	11	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	8	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Bocagrande	X	<sup>a</sup> Presencia	75	35	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	8	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Buritaca	X	Ausencia	22	0	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	40	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Camarones	X	Ausencia	>250	6	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	40	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Ciénaga	X	Ausencia	>250	16	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	18	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Crespo	X	<sup>b</sup> Presencia	106	35	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	>100	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Dibulla	X	<sup>a</sup> Presencia	10	1	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	40	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Galerazamba	X	<sup>b</sup> Presencia	2	0	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	26	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
La Boquilla A	X	<sup>c</sup> Presencia	52	13	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	20	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
La Boquilla B		X	<sup>a</sup> Presencia	104	19	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	35	Si Cumple	Si Cumple
Los Cocos	X	Ausencia	29	4	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	37	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Manzanillo	X	<sup>a</sup> Presencia	22	1	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	29	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Palomino	X	<sup>a</sup> Presencia	12	2	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	2	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple

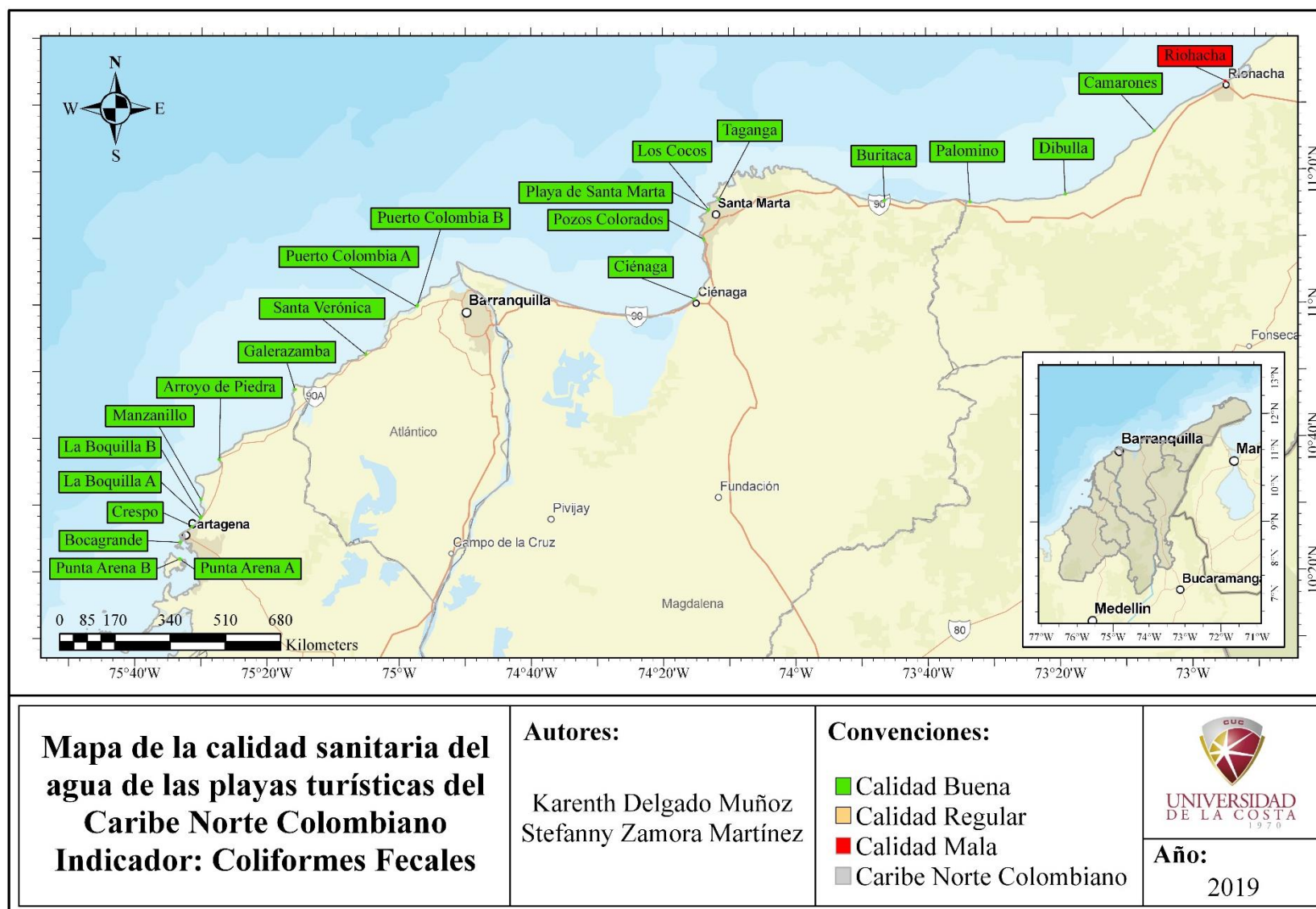
Playa de Santa Marta	X	<sup>b</sup> Presencia	129	45	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	40	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Pozos Colorados	X	Ausencia	27	8	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	40	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Puerto Colombia A	X	<sup>b</sup> Presencia	>250	22	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	22	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Puerto Colombia B	X	<sup>b</sup> Presencia	31	2	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	5	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Punta Arena A	X	Ausencia	78	16	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	>100	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Punta Arena B	X	<sup>b</sup> Presencia	49	14	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	36	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple
Riohacha	X	Ausencia	>250	>250	No Cumple	No Cumple	No Cumple	32	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Santa Verónica	X	<sup>a</sup> Presencia	77	30	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	13	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
Taganga	X	Ausencia	29	15	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	40	Si Cumple	No Cumple	Si Cumple

*Nota:* Se identificó la presencia de <sup>a</sup> *Aspergillus*, <sup>b</sup> *Penicillium* y <sup>c</sup> *Cándida*. La normativa mencionada corresponde a la expuesta en la tabla 6.



**Figura 23.** Mapa sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, utilizando como indicador la presencia de Hongos.

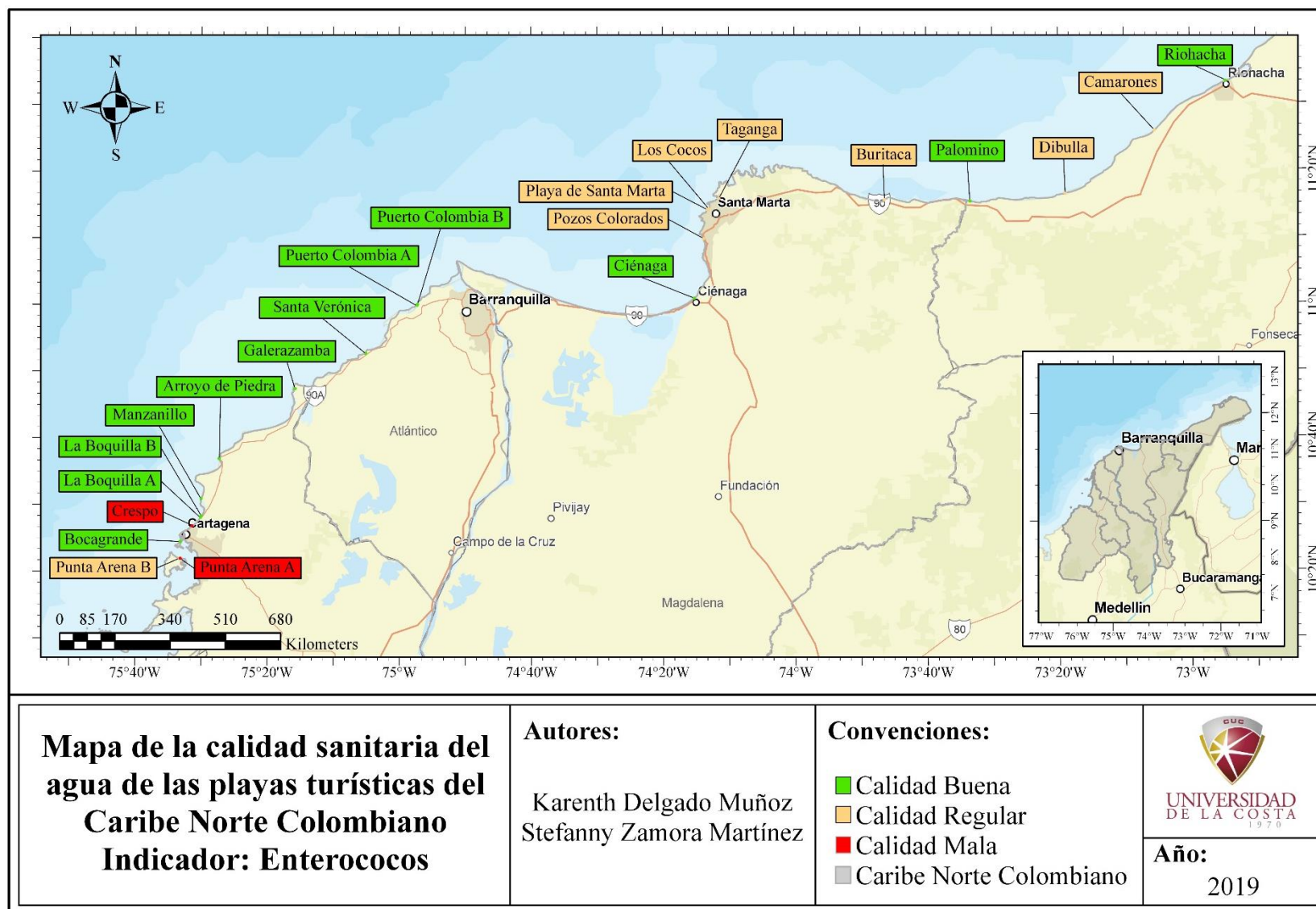
Fuente: Autores.



**Figura 24.** Mapa sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, utilizando como indicador la presencia de Coliformes

Fecales. Fuente: Autores.





**Figura 25.** Mapa sobre la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano, utilizando como indicador la presencia de Enterococos.

Fuente: Autores.